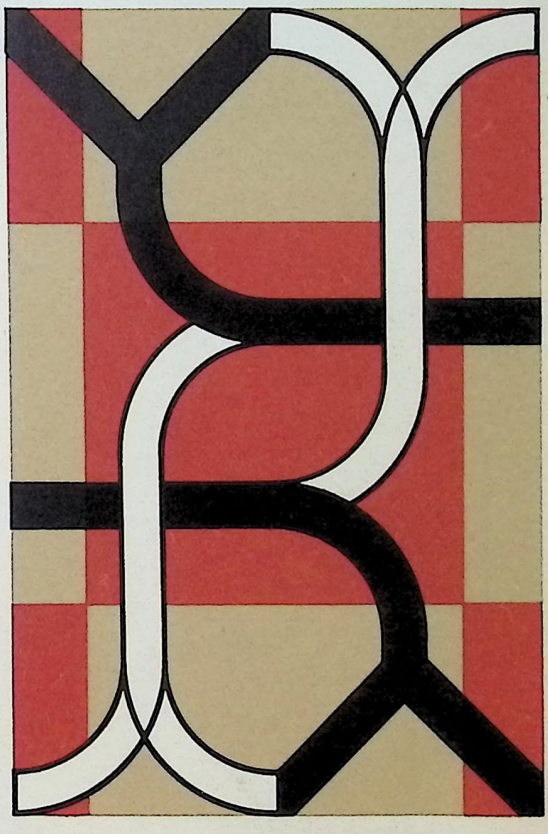
OLIVETTI

GENERAL ELECTRIC

Servizio Tecnico



CORSI DI ISTRUZIONE PROGRAMMATA

INTRODUZIONE AGLI ELABORATORI ELETTRONICI

4

OSCILLOSCOPIO

TEORIA E APPLICAZIONI

4.053.0.000.0

CORSI DI ISTRUZIONE PROGRAMMATA

INTRODUZIONE AGLI ELABORATORI ELETTRONICI

OSCILLOSCOPIO

TEORIA ED APPLICAZIONI

4

OLIVETTI
GENERAL ELECTRIC
Servizio Tecnico

Questo volume é stato realizzato dal
GRUPPO ISTRUZIONE PROGRAMMATA
della Scuola del Servizio Tecnico

PREFAZIONE

La presente pubblicazione é rivolta a coloro che si accingono allo studio dell'elaboratore GE - 115. Essa fa parte di una serie di volumi preparati con il Metodo della Istruzione Programmata.

Lo scopo di questo metodo é di fornire a chi studia gli elementi essenziali per l'autoapprendimento della materia esposta.
I volumi sono organizzati in lezioni sufficientemente brevi in relazione agli argomenti trattati. Ciò consente di fare acquisire pochi concetti elementari alla volta, ma tuttavia concatenati fra loro.

In ogni lezione, una o più volte, si cerca di focalizzare l'argomento o gli argomenti di maggiore interesse, proponendo all'interessato delle domande le cui risposte, a titolo di verifica, possono essere confrontate con quelle riportate nelle pagine seguenti.

Talvolta, se la complessità della materia lo richiede, l'interessato deve eseguire, o completare, degli esercizi in modo da poter integrare, con gli stessi, le nozioni acquisite.

Per evitare la possibilità di un apprendimento frammentario, che porterebbe alla perdita della visione di insieme, sono stati predisposti dei riepiloghi di carattere generale. Ciascun riepilogo riguarda la materia esposta nelle lezioni ad esso precedenti.
Tali riepiloghi sono stati preparati in modo da consentire all'interessato di verificare il proprio grado di preparazione.

Milano, Dicembre 1967

METODO DI STUDIO

Il metodo che si consiglia di seguire durante lo studio si articola in più punti.

E' necessario che l'interessato non prosegua ininterrottamente lo studio per tutto il tempo che ha a disposizione , anzi é utile che stabilisca alcuni intervalli; atti a ponderare quanto studiato, con una frequenza adeguata alle proprie capacità di assimilazione.

Ogni singola lezione va studiata integralmente ed in maniera non superficiale anche se qualche volta può sembrare di facile comprensione.

L'interessato deve cercare di dare sempre le risposte alle domande che gli sono proposte, prima di controllare le stesse con le risposte riportate.

Gli esercizi vanno svolti integralmente e possibilmente discussi con eventuali colleghi di studio.

Nel "Piano di studio", e all'inizio di ogni lezione é indicato il tempo necessario a svolgerla. Detto tempo ha solo uno scopo indicativo e generalmente é da ritenersi un tempo massimo.

Onde evitare la possibilità di un apprendimento frammentario, che porterebbe alla perdita della visione di insieme, sono stati predisposti dei riepiloghi di carattere generale. Essi consistono in una serie di domande alle quali é necessario rispondere scegliendo una delle risposte riportate sotto ciascuna domanda. Ogni risposta indica il numero della domanda successiva alla quale si deve rispondere e così via.

Se l'interessato risponde in maniera errata a qualche domanda viene inviato ad una successiva, tendente a chiarire il concetto non bene interpretato. Nel caso in cui, dopo uno o più tentativi, il lettore non riesca a trovare la via esatta viene rimandato a rivedere la lezione riguardante i concetti non bene appresi.

Durante lo svolgimento del riepilogo generale si consiglia di annotare il numero delle domande che vengono esaminate ; ciò per facilitare il ritorno alla domanda dopo avere visto la lezione alla quale si era stati inviati.

Evidentemente, se durante lo svolgimento del riepilogo si risponde sempre in modo esatto a tutte le domande, al termine ne saranno state interessate solo un numero minimo. Tale numero minimo non é volutamente riportato nel testo.

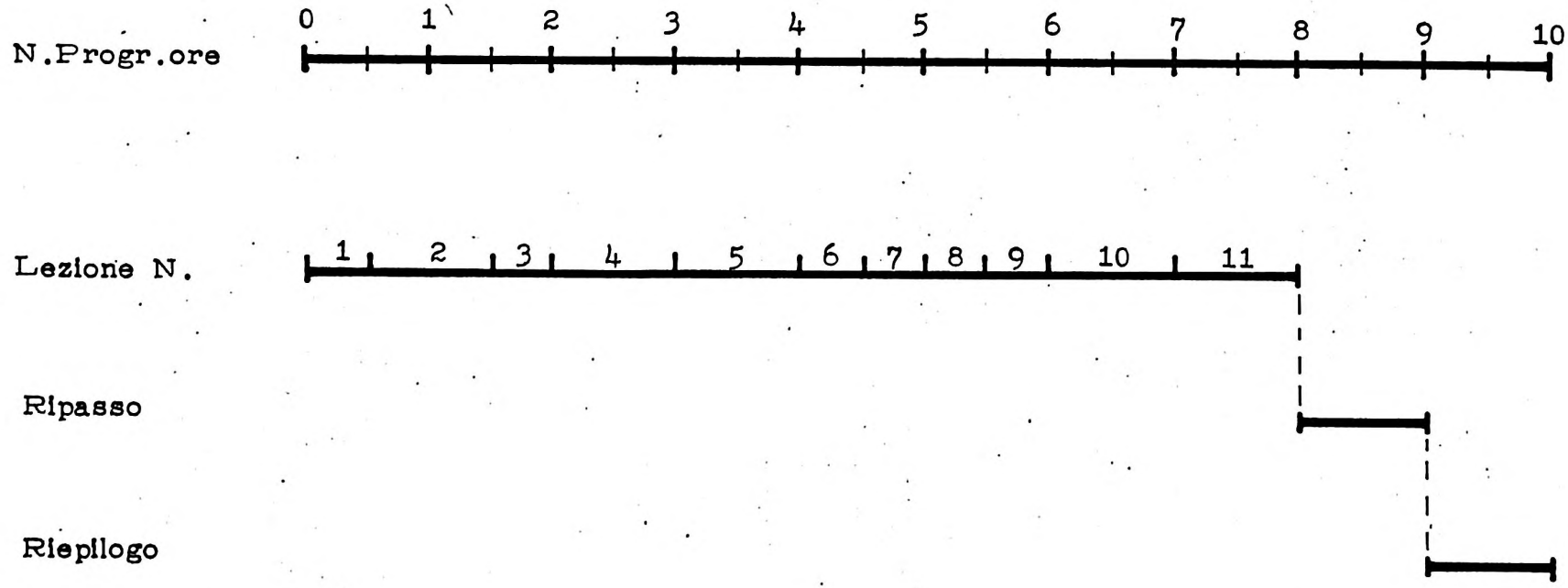
Per poter abbandonare il questionario é necessario incontrare l'apposita indicazione.

Al termine di ogni volume, il responsabile dello "Avanzamento Studio", proporrà all'interessato un questionario riguardante la materia trattata nel volume.

Al termine del corso teorico é previsto un corso pratico da effettuarsi alla Scuola Tecnici.

Per essere ammessi al corso pratico é necessario superare una prova teorica di carattere generale (tenuta alla Scuola) su tutto il programma svolto individualmente.

PIANO DI STUDIO



I N D I C E

		pagine
Prefazione		V
Metodo di studio		VII ÷ VIII
Piano di studio		IX
Indice		XI ÷ XII
Lezione	1 : Introduzione	1 -1 ÷ 1 -14
Lezione	2 : Principi di funzionamento del T.R.C.	2 -1 ÷ 2 -30
Lezione	3 : Applicazione delle tensioni di deflessione	3 -1 ÷ 3 -18
Lezione	4 : Circuiti relativi all'asse Y	4 -1 ÷ 4 -22
Lezione	5 : Circuiti relativi all'asse X	5 -1 ÷ 5 -28
Lezione	6 : Segnali di sincronismo	6 -1 ÷ 6 -18
Lezione	7 : Misurazioni eseguibili con l'oscilloscopio	7 -1 ÷ 7 -10
Lezione	8 : Dispositivi atti a facilitare la osservazione dei segnali	8 -1 ÷ 8 -20

Lezione 9 : Accessori dell'oscilloscopio 9 -1 ÷ 9 -16

Lezione 10 : Oscilloscopi a doppia traccia 10-1 ÷ 10-28

Lezione 11 : Espansione della scala dei tempi 11-1 ÷ 11-18

Riepilogo R -1 ÷ R -15

LEZIONE 1

Tempo di studio
30 minuti

1. INTRODUZIONE

1.1. PRESENTAZIONE DELL'OSCILLOSCOPIO

Gli strumenti tradizionali ad indice misuratori di tensione permettono di indicare solamente il valore della tensione in esame.

Se la tensione é continua l'indicazione dello strumento corrisponde effettivamente al valore reale della tensione nel tempo. Se, al contrario, la tensione é alternata o comunque variabile ad una frequenza superiore a certi valori, lo strumento potrà dare l'indicazione del valore medio, efficace, o massimo a seconda delle sue caratteristiche costruttive.

In questo caso non si ha l'indicazione dell'andamento nel tempo dei valori istantanei della tensione poiché l'inerzia degli equipaggi mobili degli strumenti impedisce agli indici di effettuare rapidi spostamenti.

L'oscilloscopio a raggi catodici é uno strumento elettronico che permette sia di misurare il valore di tensioni elettriche costanti o variabili sia di osservarne il loro andamento nel tempo.

Esso traduce queste tensioni in spostamenti di una traccia luminosa osservabile su di uno schermo fosforescente.

Su tale schermo si forma un "diagramma" che rappresenta istante per istante i valori della tensione in esame, anche se essa si presenta a frequenza elevata. Ciò é possibile dato che l'equipaggio mobile dell'oscilloscopio é rappresentato da un sottile fascio di elettroni praticamente privo di inerzia.

1.2. COSTRUZIONE DI UN DIAGRAMMA

Se si vuole rappresentare graficamente l'andamento di una tensione continua, o che vari molto lentamente nel tempo, é necessario :

a) effettuare una serie di misure della tensione in esame in un periodo di tempo determinato

b) riportare in una tabellina i valori trovati in corrispondenza dei rispettivi tempi ai quali si sono effettuate le rilevazioni

c) tracciare due assi ortogonali tra loro e suddividere ognuno di essi in un certo numero di parti uguali

d) assegnare alle suddivisione dell'asse verticale (denominato normalmente asse Y) il significato di valori di tensione

e) assegnare alle suddivisioni dell'asse orizzontale (denominato normalmente asse X) il significato di valori di tempo

f) riportare il valore di tensione di ogni rilevazione eseguita sull'asse verticale ed il corrispondente valore di tempo sull'asse orizzontale, indi tracciare :

   - dal punto trovato sull'asse X, la parallela all'asse Y
   - dal punto trovato sull'asse Y, la parallela all'asse X

   il punto determinato dall'incrocio delle due rette rappresenta il punto cercato.

g) unire con una linea continua e raccordata i vari punti trovati

Si supponga, per esempio, d'aver riscontrato i seguenti valori di tensione (in Volt) ai tempi indicati (in ore) e si vogliano rappresentare in un diagramma.

$V_{(volt)}$	35	25	25	35	55	75	90	95	90	80	65
$t_{(ore)}$	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10

Si può tracciare il seguente diagramma :

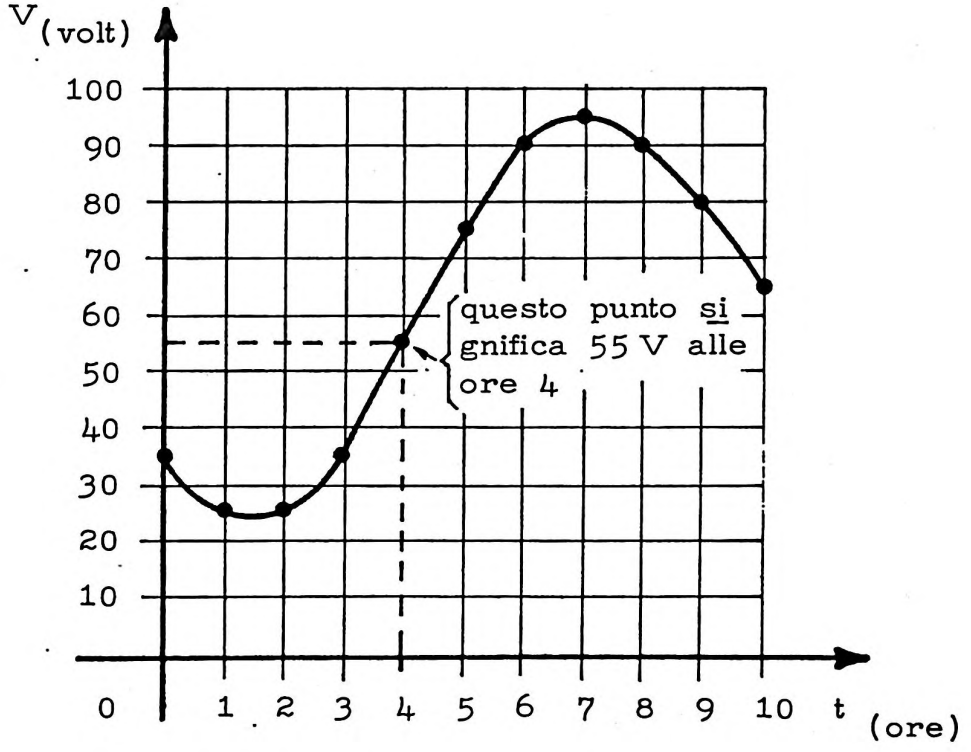


Fig. 1.2.1 Andamento di una tensione in funzione del tempo

Si fa notare che, se le stesse variazioni della tensione anziché essere distribuite in dieci ore si fossero manifestate in un periodo di tempo di pochi secondi, non si sarebbe potuto rilevarle con gli strumenti ad indice.

Come conseguenza non si sarebbe potuto costruire il diagramma relativo con il metodo indicato.

1.3. REGISTRATORE MECCANICO

Lo stesso diagramma dell'esempio precedente si può ricavare anziché mediante rilevazione per punti, automaticamente con un apposito strumento registratore.

Tale strumento ha il compito di fornire una rappresentazione grafica dell'andamento della tensione nel tempo su di un foglio di carta opportunamente tracciato.

La tracciatura del foglio dovrà essere tale da tener conto :

1°) dei valori del tempo, per esempio lungo l'asse orizzontale

2°) dei valori della tensione per esempio lungo l'asse verticale.

Un esempio di tale dispositivo meccanico é riportato in Fig. 1.3.1.

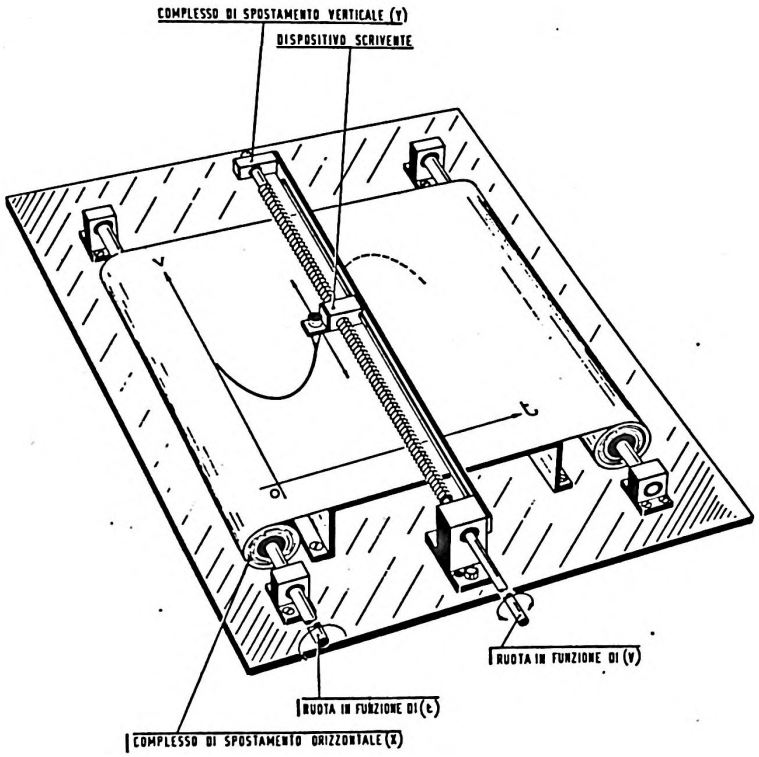


Fig. 1.3.1 Registratore meccanico nel quale lo spostamento orizzontale é dato dal movimento della carta e quello verticale é dato dal dispositivo scrivente.

Dall'esame di tale figura si può notare che il risultato grafico voluto si ottiene dotando il complesso di due movimenti :

1°) uno longitudinale, a velocità costante, del foglio di di carta; tale movimento si considera in funzione del trascorrere del tempo

2°) uno trasversale del complesso scrivente ; tale movimento si rende funzione delle variazioni di tensione.

Un altro esempio di registratore meccanico viene riportato in Fig. 1.3.2.

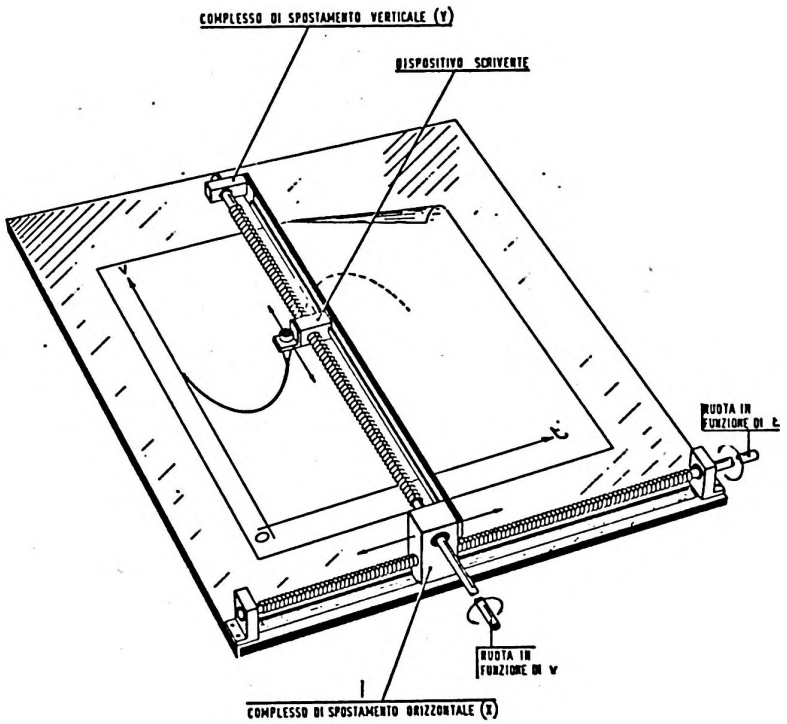


Fig. 1.3.2 Registratore meccanico nel quale lo spostamento orizzontale e verticale é dato dal dispositivo scrivente.

In questo caso si tiene fermo il foglio di carta , mentre ambedue i movimenti, longitudinale e trasversale, vengono trasmessi al complesso scrivente.

Sia nel primo che nel secondo esempio considerato, la posizione della traccia lasciata sulla carta dipenderà dai due movimenti combinati fra di loro.

Queste apparecchiature permettono di rilevare graficamente tensioni che variano nel tempo, con una frequenza maggiore di quella che sarebbe possibile rilevare manualmente.

Ciò nonostante, se le variazioni di tensione si verificano in tempi molto piccoli, il dispositivo scrivente non può seguirne l'andamento, data l'inerzia meccanica delle parti in movimento.

1.4. ANALOGIE FRA OSCILLOSCOPIO E REGISTRATORE MECCANICO

Per effettuare la rilevazione di forme d'onda di tensioni che variano con una frequenza molto elevata , anche dell'ordine di parecchi MHz, é necessario adottare strumenti che non abbiano parti meccaniche in movimento.

Uno di tali strumenti é appunto l'oscilloscopio il quale risulta composto da un complesso di organi, fra i quali il più importante é il "tubo a raggi catodici " (T.R.C.).

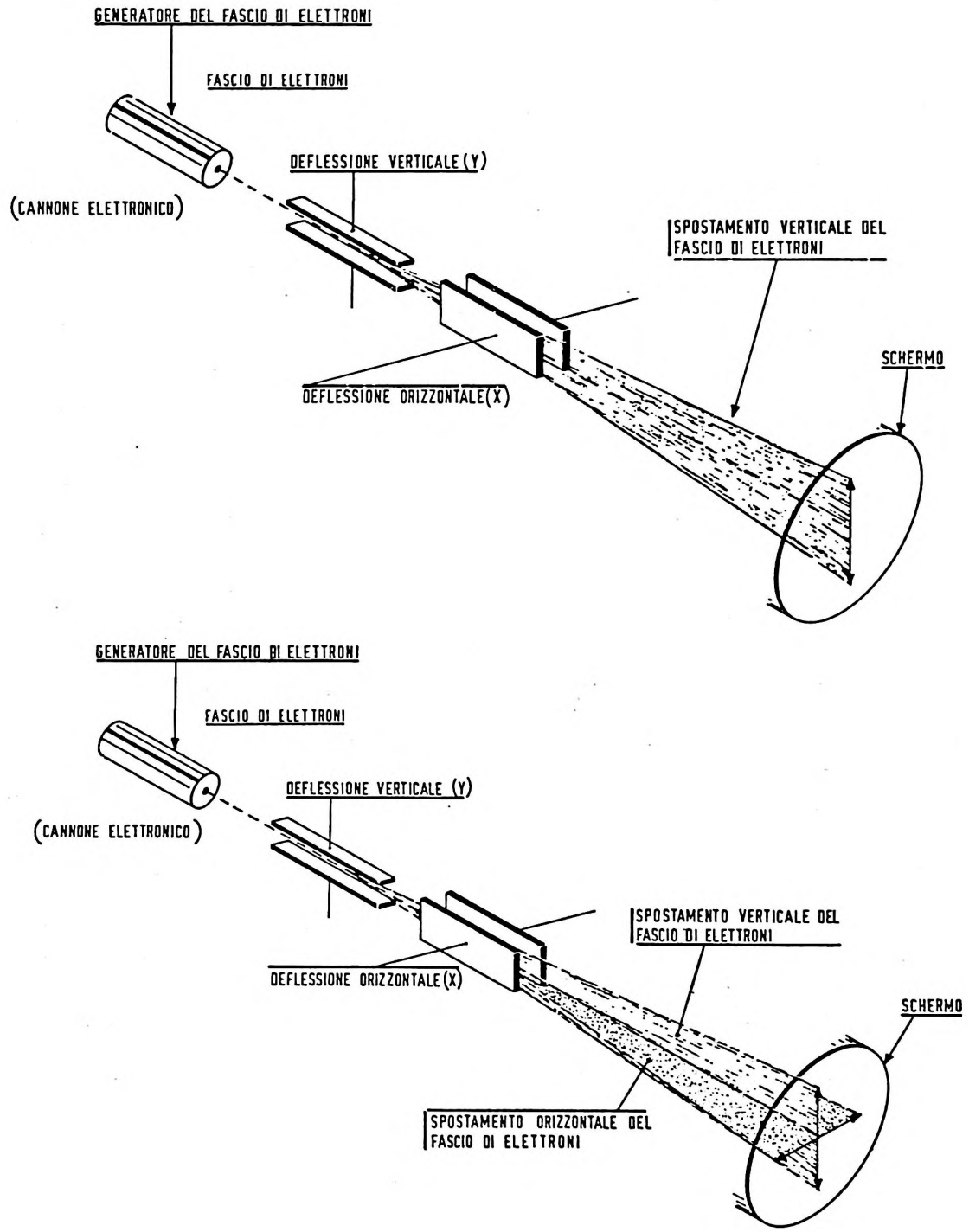


Fig. 1.4 . 1 Organi del tubo a raggi catodici

Si possono elencare gli organi del tubo (figura 1.4.1) mettendoli in relazione a quelli del registratore meccanico.

Il tubo presenta :

a) uno schermo di vetro ricoperto da una patina fosforescente (paragonabile al foglio di carta utilizzato dal registratore meccanico). Questa patina possiede la proprietà di diventare luminescente quando viene colpita da elettroni dotati di opportuna energia cinetica

b) un sottile fascio di elettroni, il quale viene indirizzato sullo schermo fosforescente provocando una macchia luminosa puntiforme (paragonabile al dispositivo scrivente del registratore meccanico)

c) un complesso di organi che effettuano lo spostamento verticale del fascio di elettroni. Si ottiene tale spostamento facendo attraversare al fascio di elettroni, prima di raggiungere lo schermo, un campo elettrico capace di defletterlo verticalmente. Gli elettroni del fascetto, essendo cariche negative, vengono attratti da campi elettrici positivi e respinti da campi elettrici negativi. L'entità ed il verso del campo elettrico, determinano la posizione verticale del punto luminoso sullo schermo

d) un complesso di organi che effettuano lo spostamento orizzontale. Si ottiene tale spostamento del fascio di elettroni in modo analogo a quello verticale. Il fascio di elettroni dopo essere stato deflesso verticalmente deve attraversare un secondo campo elettrico , capace di defletterlo orizzontalmente prima di raggiungere lo schermo. L'entità ed il verso di tale campo elettrico determinano la posizione orizzontale del punto luminoso sullo schermo.

Come per il registratore meccanico, lo spostamento orizzontale si può rendere funzione del tempo, mentre lo spostamento verticale si può rendere funzione della tensione in esame.

La posizione del puntino luminoso sullo schermo é quindi funzione dei valori istantanei delle tensioni applicate al complesso di organi adibiti allo spostamento verticale ed orizzontale del fascio di elettroni.

Quando il fascio di elettroni si sposta (in funzione di una variazione di tempo o di tensione) cessa di colpire un punto sullo schermo, la luminescenza del punto stesso non termina istantaneamente, ma permane per un certo tempo decrescendo secondo una propria legge.

Le posizioni successive che il punto luminoso assume durante un intervallo di tempo, determinano una traccia continua che é resa visibile dalla persistenza della luminescenza.

Ciò offre il vantaggio di poter visualizzare l'andamento nel tempo di una tensione in osservazione.

Questo risulta valido anche se la tensione in esame varia molto velocemente poiché il "dispositivo scrivente" costituito dal sottile fascio di elettroni é praticamente privo di inerzia.

DOMANDE

a) Nel registratore meccanico la forma d'onda in esame viene rappresentata su un foglio di carta, qual'é l'organo corrispondente che assolve questa funzione nell'oscilloscopio ?

schermo

b) Qual'é l'elemento che nell'oscilloscopio rappresenta la parte "scrivente" ?

Fascio elettroni

c) Lo spostamento verticale del fascio elettronico da cos'é dato ?

dal valore della tens V in ingr (seguita osciv.)
(placche verticali)

d) Da cos'é dato lo spostamento orizzontale del fascio elettronico ?

da un campo elettrico che varia in funzione
nel tempo (placche orizz)

e) Che vantaggi offre l'oscilloscopio rispetto ad un registratore meccanico ?

di osservare segnali di alta freq.

RISPOSTE

a) Lo schermo rappresenta il mezzo tramite il quale si visualizza il segnale in esame.

b) L'elemento dell'oscilloscopio paragonato all'organo scrivente di un registratore meccanico é il " fascio elettronico".

c) Lo spostamento verticale del fascio elettronico é determinato dal campo elettrico applicato tra la coppia di placchette denominate "placche di deflessione verticale".

d) Lo spostamento orizzontale del fascio elettronico é determinato dal campo elettrico applicato tra la coppia di placchette denominate "placche di deflessione orizzontale".

e) L'oscilloscopio offre il vantaggio di poter visualizzare segnali aventi frequenze elevate. Ciò é consentito dalla scarsissima inerzia meccanica posseduta dal "fascio elettronico".

LEZIONE 2

Tempo di studio
1 ora

2. PRINCIPI DI FUNZIONAMENTO DEL T.R.C.

2.1. ORGANI DEL T.R.C.

Il tubo a raggi catodici é costituito da una ampolla di vetro nella quale, in un vuoto molto spinto, sono disposti vari elettrodi.

In Fig. 2.1.1 vengono schematizzati gli elettrodi del T.R.C. che consistono in :

- un filamento riscaldatore R che serve al riscaldamento (indiretto) del catodo
- un catodo K, costituito da uno strato di ossido depositato su di una base di chiusura di un cilindro di nichel
- una griglia G, formata da un cilindro metallico, privo di una base, e avente l'altra forata al centro. Essa racchiude il catodo che a sua volta contiene il filamento
- un anodo acceleratore A1
- un anodo focalizzatore A2
- un anodo focalizzatore A3 collegato internamente con A1
- una coppia di placchette per la deflessione verticale V
- una coppia di placchette per la deflessione orizzontale O
- un anodo post-acceleratore A4 costituito da uno strato di grafite depositato sulla superficie interna della zona tronco-conica dell'ampolla
- uno schermo fluorescente S.

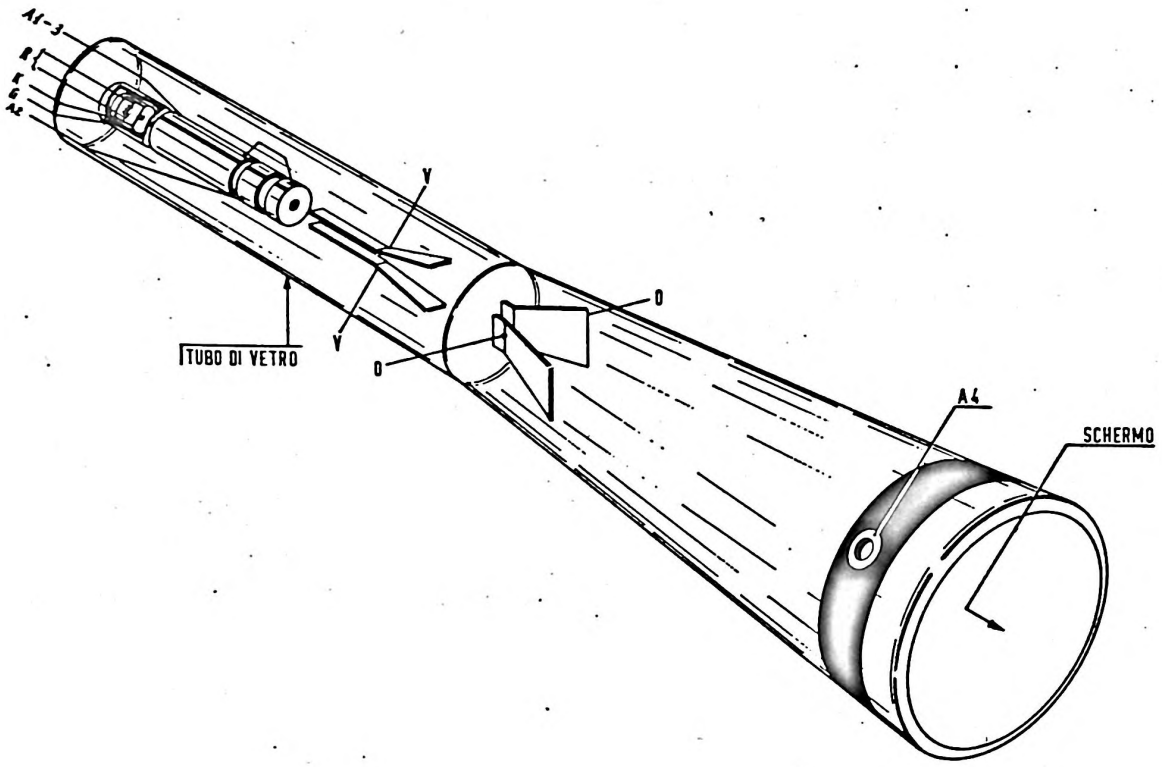


Fig. 2.1.1 Disposizione dei vari organi all'interno del T.R.C.

2.2. CANNONE ELETTRONICO

Uno degli elementi essenziali del tubo é il FA - SCIO DI ELETTRONI.

Poiché quest'ultimo viene fatto muovere all'interno dell'ampolla di vetro del tubo secondo leggi prestabilite, e non deve venir perturbato durante il suo percorso da atomi di gas, nell'ampolla stessa é stato provocato un vuoto molto spinto.

Per generare il fascio, é necessario disporre di una fonte di elettroni che nel T.R.C. si identifica con il catodo K.

Affinché il catodo, per effetto termoelettrico, emetta elettroni liberi nello spazio circostante dotati di una certa energia cinetica, deve venire portato ad una temperatura tale da determinare l'effetto termoelettrico stesso.

La temperatura richiesta dal catodo per emettere elettroni viene raggiunta facendo circolare corrente in una resistenza R posta nell'interno del catodo stesso.

La resistenza R viene comunemente denominata "filamento" (Fig. 2.2.1).

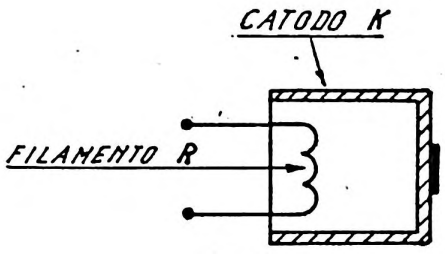


Fig. 2.2.1 Catodo e riscaldatore di un T.R.C.

Molto vicino al catodo é posta la griglia G.

Poiché il catodo emette elettroni con una certa energia cinetica essi vengono lanciati contro la griglia G (Fig. 2.2.2).

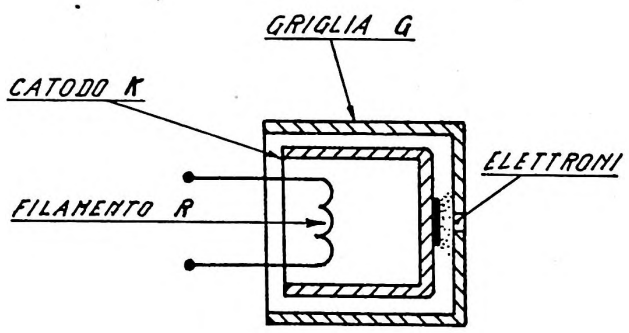


Fig. 2.2.2 Emissione di elettroni da parte del catodo

Quest'ultima é tenuta ad un potenziale negativo rispetto al catodo ed esercita un'azione repulsiva rispetto agli elettroni.

Essa però presenta un foro in corrispondenza dell'asse del catodo, ciò fa si che solo gli elettroni aventi una certa direzione e una sufficiente energia cinetica riescano ad oltrepassare la griglia stessa (Fig. 2.2.3).

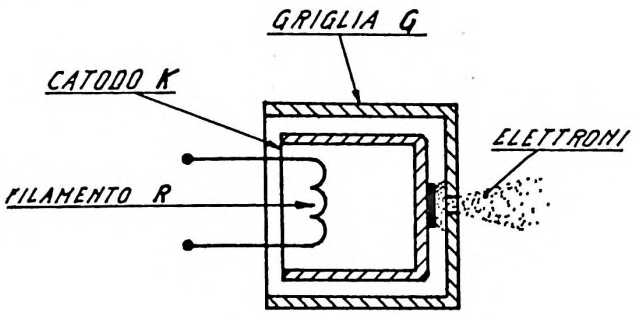


Fig. 2.2.3 Attraversamento del foro di griglia da parte degli elettroni

La differenza di potenziale negativa esistente fra griglia e catodo, indicata con VGK, controlla l'intensità del flusso elettronico che riesce ad oltrepassare la griglia stessa. Aumentando progressivamente tale potenziale negativo di griglia si raggiunge un valore (detto potenziale di interdizione) a partire dal quale tutti gli elettroni ricadono sul catodo facendo cessare il flusso elettronico attraverso il foro.

Il potenziale di griglia é regolabile da -30 V a -100 V mediante un apposito potenziometro (chiamato INTENSITA') in modo che variando la intensità del fascio elettronico si varia la intensità luminosa della traccia sullo schermo. Tale potenziale non deve mai diventare positivo altrimenti il flusso di elettroni creato risulterebbe così forte da danneggiare il catodo.

Gli elettroni superata la griglia vengono fatti attraversare il sistema di elettrodi A1, A2 ed A3.

Tali elettrodi sono tenuti ad un potenziale di circa 1000 ÷ 2000 V positivo rispetto al catodo. Essi hanno la duplice funzione di accelerare gli elettroni e far loro percorrere delle traiettorie in modo da orientarli verso un unico punto sullo schermo, affinché la traccia da essi provocata sullo schermo stesso, risulti praticamente uniforme.

L'anodo A1 ha la forma di un cilindro mancante di una base e con l'altra forata al centro (figura 2.2.4). Dato il suo potenziale positivo esso attira fortemente gli elettroni emessi dal catodo che hanno superato il foro di griglia.

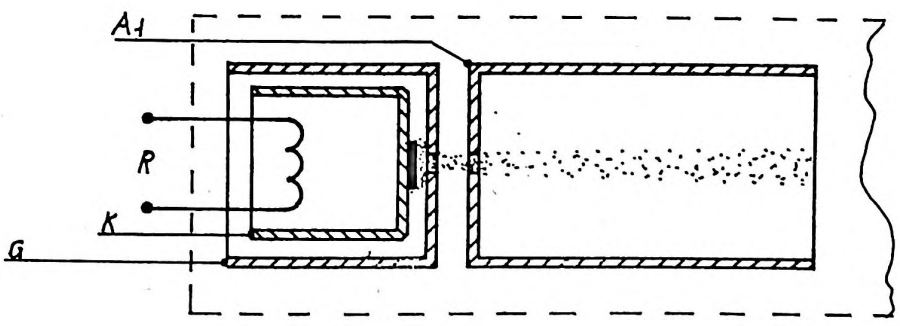


Fig. 2.2.4 Attrazione degli elettroni da parte dell'anodo

Gli elettroni più esterni del fascio vanno a depositarsi sull'anodo A1 e non interessano gli elettrodi successivi.

Gli elettroni più interni del fascio, dato che si trovano equidistanti dai bordi del foro A1, vengono attratti da forze uguali e dirette verso la circonferenza del foro dell'anodo A1 stesso (Fig. 2.2.5).

Infatti si può supporre che tali forze risultino formate da componenti longitudinali e da componenti trasversali (Fig. 2.2.6).

Le componenti longitudinali avendo lo stesso verso si sommano, dando origine ad una accelerazione longitudinale.

Le componenti trasversali, avendo verso opposto ed essendo di uguale ampiezza si annullano a vicenda. Quindi gli elettroni centrali del fascio non vengono attratti trasversalmente dall'anodo A1, vengono invece accelerati longitudinalmente e superano a forte velocità il foro dell'elettrodo in esame.

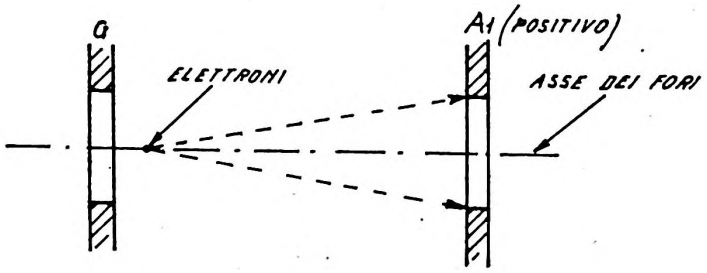


Fig. 2.2.5 Forze di attrazione alle quali sono sottoposti gli elettroni interni del fascio.

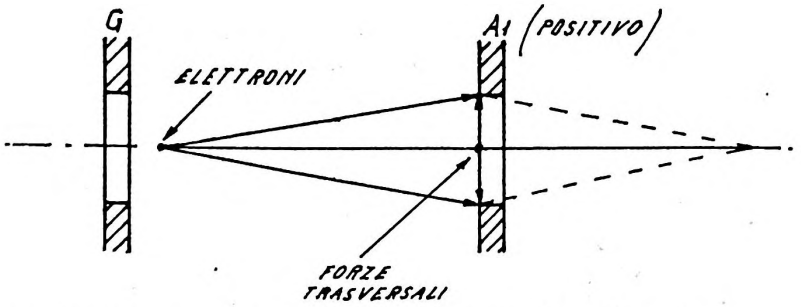


Fig. 2.2.6 Scoposizione delle forze di attrazione alle quali sono sottoposti gli elettroni interni del fascio.

Si ottiene così un fascio di elettroni lanciati lungo l'asse longitudinale del tubo diretto verso l'anodo A2.

L'anodo A2 ha la forma di un cilindro mancante delle due basi.

Le tensioni presenti sugli anodi A1 ed A2 danno luogo ad un campo elettrico fra gli elettrodi stessi che assume una particolare configurazione. Tale campo elettrico, data la forma degli anodi, si presenta con linee di forza che hanno l'andamento indicato in figura 2.2.7.

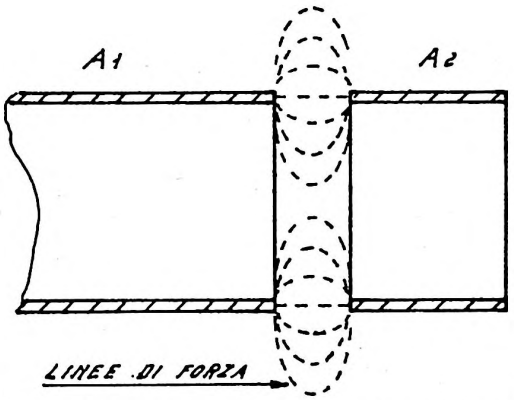


Fig. 2.2.7 Andamento delle linee di forza del campo elettrico esistente fra gli anodi A1 e A2.

Lungo ogni linea di forza esistono punti che si trovano allo stesso potenziale di altri punti appartenenti a linee di forza adiacenti.

Un punto appartenente ad una linea di forza si può così trovare allo stesso potenziale di un altro punto su di una linea di forza adiacente.

Lungo le linee di forza del campo elettrico questi punti si trovano tutti sulla stessa frazione del percorso delle linee stesse (Fig. 2.2.8).

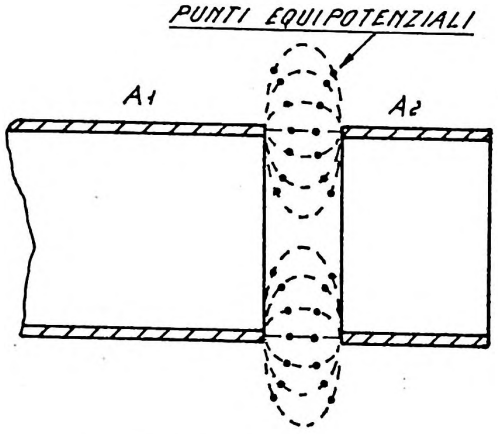


Fig. 2.2.8 Punti equipotenziali esistenti sulle linee di forza.

L'insieme di questi punti equipotenziali dà luogo alla formazione di una superficie equipotenziale che ha l'andamento indicato in Fig. 2.2.9.

Come si può vedere dalla Fig. 2.2.9 le superfici equipotenziali assumono la forma caratteristica di una lente ottica.

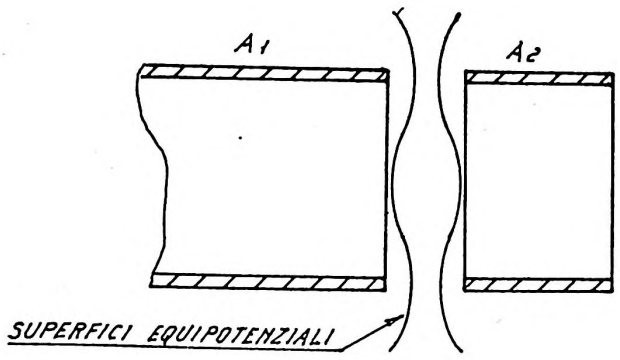


Fig. 2.2.9 Superfici equipotenziali esistenti sul le linee di forza.

Le linee di forza che causano le superfici equipotenziali hanno, rispetto agli elettroni, una azione simile a quella di una lente ottica rispetto ai raggi luminosi.

Si può perciò supporre che fra A1 ed A2 esista una lente elettronica biconvessa capace di far convergere il fascio elettronico (Fig. 2.2.13).

L'anodo A3 ha la forma di un cilindro molto corto mancante di una base e con l'altra forata al centro. Data la sua forma le linee di forza assumono l'andamento indicato in Fig. 2.2.10, perciò i punti equipotenziali assumono l'andamento indicato in Fig. 2.2.11 e le superfici equipontenziali l'andamento di Fig.2.2.12.

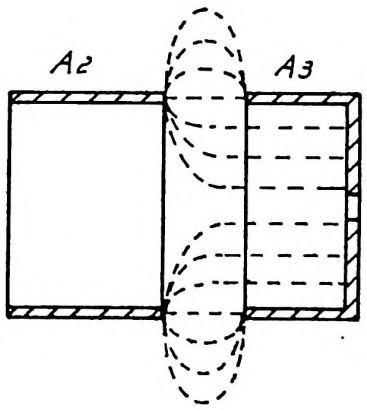


Fig. 2.2.10 Linee di forza esistenti fra l'anodo A2 e l'anodo A3.

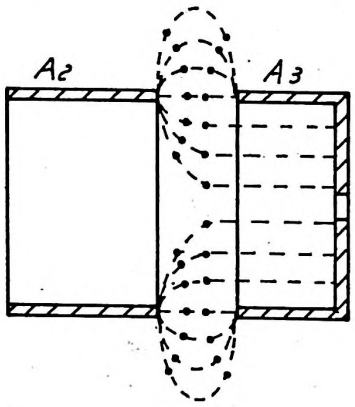


Fig. 2.2.11 Punti equipotenziali esistenti sulle linee di forza fra l'anodo A2 e l'anodo A3.

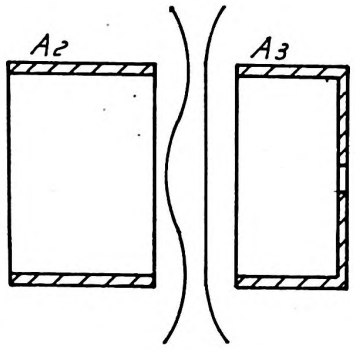


Fig. 2.2.12 Superfici equipotenziali esistenti sulle linee di forza fra l'anodo A2 e l'anodo A3.

Si ottiene così una lente elettronica piano convessa che invia gli elettroni parallelamente all'asse del tubo attraverso al foro di A3 (Fig. 2.2.13).

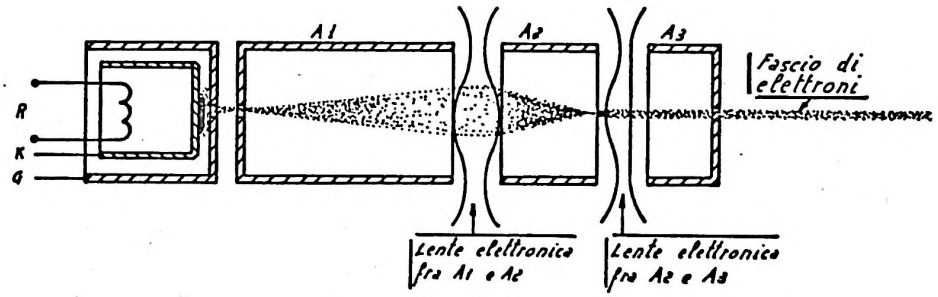


Fig. 2.2.13 Insieme degli organi che contribuiscono alla formazione del fascio elettronico.

E' possibile modificare la lunghezza focale di tali lenti elettroniche variando la tensione applicata agli anodi A1 - A3 ed A2.

Il potenziale di A2 é regolabile mediante un apposito potenziometro (chiamato Fuoco) in modo da ottenere una focalizzazione ottima del fascio di elettroni in coincidenza del loro arrivo sullo schermo. In pratica si regola tale potenziometro in modo da rendere minimo il diametro della traccia luminosa puntiforme osservabile sullo schermo.

Si noti che la focalizzazione deve compensare anche l'effetto di allargamento del fascetto elettronico che lungo il suo percorso tende a divergere in quanto i suoi elettroni, essendo cariche di ugual segno, si respingono.

Questo allargamento é proporzionale alla intensità del fascio elettronico, perciò, per ogni posizione del potenziometro INTENSITA', si renderà necessario ritoccare la posizione del potenziometro FUOCO.

Il complesso di elettrodi formato da : filamento, catodo, griglia ed anodi A1 - A3 ed A2 viene comunemente denominato "cannone elettronico" dato che ha la funzione di proiettare elettroni sullo schermo del tubo.

2.3. SISTEMA DI DEFLESSIONE

Nel paragrafo precedente é stata presentata la formazione del fascio di elettroni lanciati verso lo schermo.

Si inizia ora a descrivere il complesso degli organi che determinano la deviazione verticale ed orizzontale dello stesso fascio.

Per ottenere tali deviazioni, gli elettroni del fascio lanciati dal "cannone elettronico" devono attraversare, prima di raggiungere lo schermo, due campi elettrici determinati da due coppie di placchette una verticale e una orizzontale. (Fig. 2.3.1).

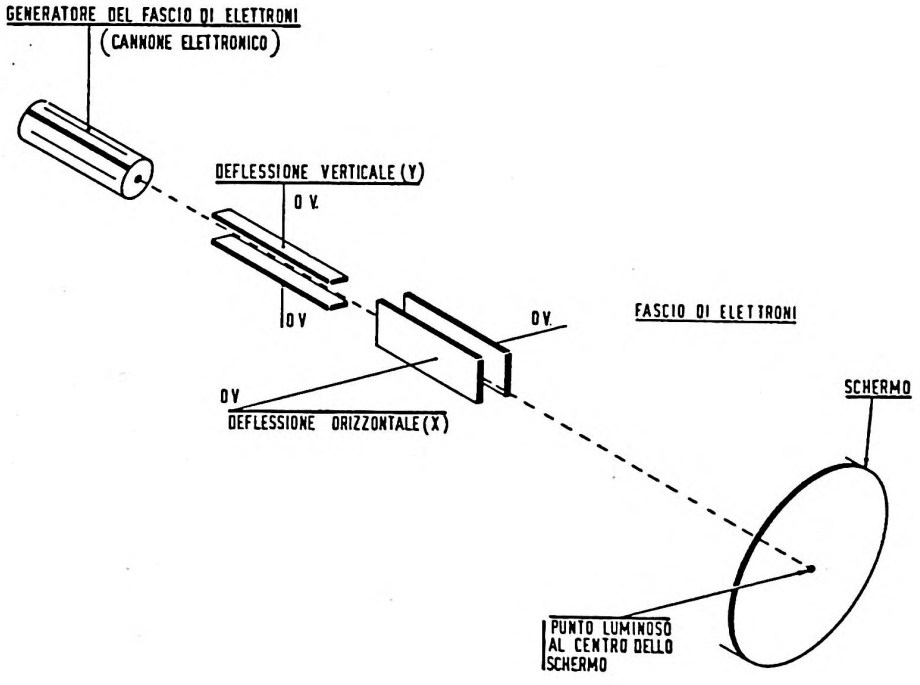


Fig. 2.3.1 Organi di deflessione del pennello elettronico.

Alle coppie di placchette viene applicata una differenza di potenziale, lo spazio fra di esse é quindi sede di un campo elettrico trasversale che accelera in tal senso gli elettroni.

Si ricorda che gli elettroni, essendo cariche negative, vengono attratti da campi elettrici positivi e vengono respinti da campi elettrici negativi (Fig.2.3.2).

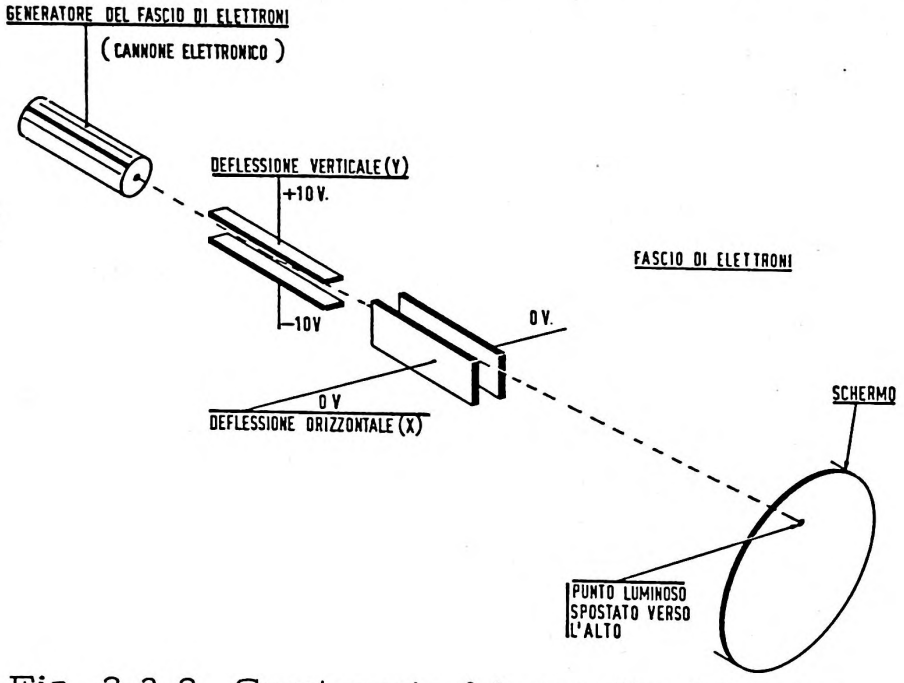


Fig. 2.3.2 Spostamento del pennello elettronico dovuto ad una tensione applicata alle placchette di deflessione verticale.

Gli elettroni si presentano nello spazio delle prime placchette deflettrici, quelle verticali, possedendo una velocità longitudinale determinata dal "cannone elettronico".

Le placche deflettrici distano fra di loro di un certo valore ed hanno una certa lunghezza e gli elettroni, dotati di velocità costante, transitano fra di esse in un tempo costante.

Durante il tempo di transito tra le placchette gli elettroni vengono accelerati trasversalmente in senso verticale da una forza che é proporzionale al valore della d.d.p. esistente fra le due placchette stesse. Si ottiene perciò una deviazione angolare degli elettroni rispetto all'asse del tubo, che verrà mantenuta per tutto

il restante tragitto compreso fra la zona di uscita delle placche verticali e lo schermo.

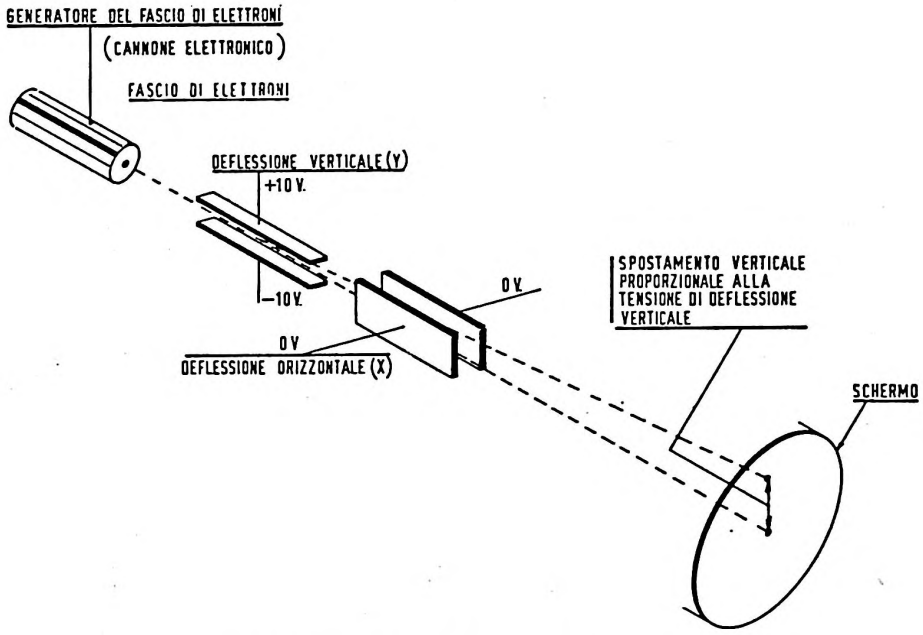


Fig. 2.3.3 Proporzionalità fra il valore della tensione di deflessione e il valore dello spostamento.

Tale deviazione angolare é proporzionale al valore della d.d.p. applicata alle placche di deflessione.

Come risultato finale si ottiene che lo spostamento in senso verticale del punto luminescente sullo schermo é proporzionale al valore della d.d.p. applicata alle placche di deflessione (Fig. 2.3.3).

Dopo aver attraversato le placche di deflessione verticale, gli elettroni del fascetto entrano nel campo elettrico delle placche di deflessione orizzontale.

Queste ultime impartiscono al fascetto elettronico una deflessione orizzontale in modo del tutto simile a quello visto per la deflessione verticale (figura 2.3.4).

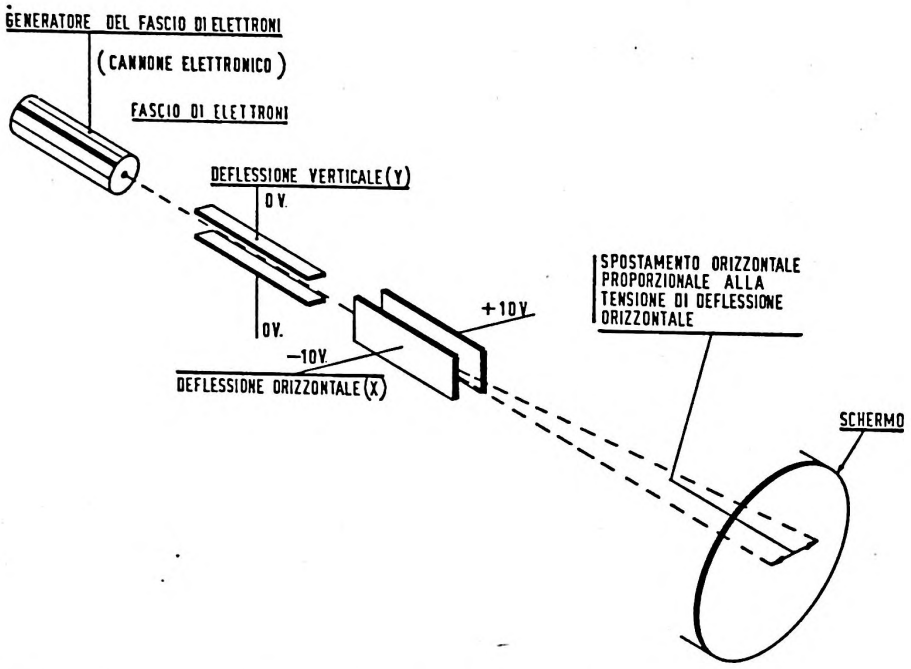


Fig. 2.3.4 Spostamento orizzontale del pennello elettronico.

La applicazione di una d.d.p. di 1 V alle placche di deflessione produce uno spostamento della traccia luminosa sullo schermo di una certa entità. Il valore di tale spostamento si definisce come "sensibilità di deflessione" e viene espresso in cm/V.

Una coppia di placche di deflessione risulta così più sensibile di un'altra se, a parità di d.d.p. applicata, produce uno spostamento maggiore.

A volte si esprime la sensibilità di deflessione delle placche del T.R.C. usando l'espressione reciproca della precedente (V/cm) indicando cioé il valore della d.d.p. necessaria per ottenere uno spostamento della traccia di 1 cm.

In questo caso una coppia di placche di deflessione risulta meno sensibile di un'altra se, a parità di spostamento del puntino sullo schermo, si deve applicare una d.d.p. maggiore.

La sensibilità di deflessione dipende soltanto dalle caratteristiche costruttive del tubo ed é atta ad indicare il comportamento dello stesso.

Si noti che le placche di deflessione orizzontale sono disposte più vicine allo schermo di quelle verticali, ne consegue che la sensibilità di deflessione orizzontale é più bassa di quella verticale: cioé a parità di d.d.p. applicata alle due coppie di placche, la deviazione subita dal fascio elettronico sarà maggiore in senso verticale rispetto a quella in senso orizzontale (Fig. 2.3.5).

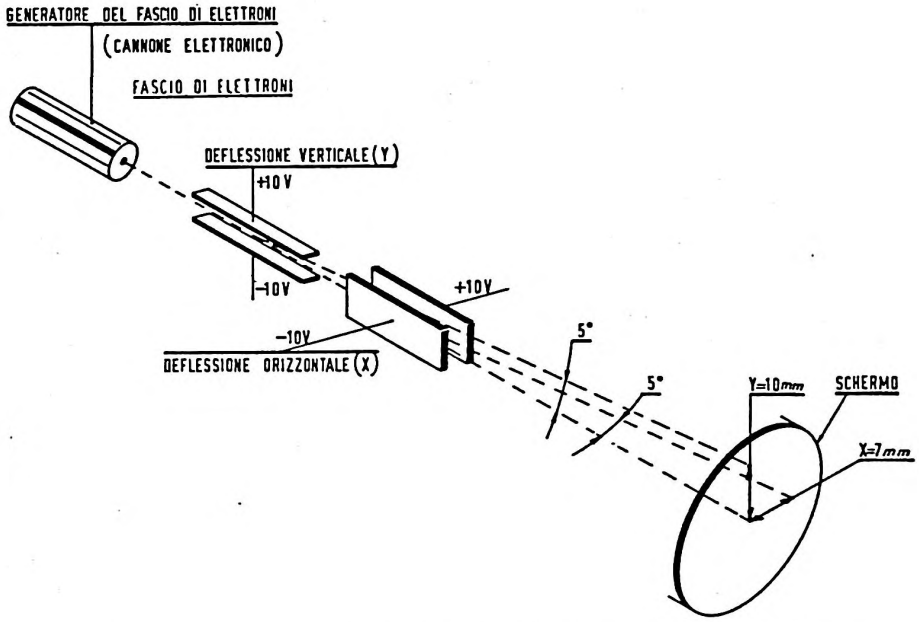


Fig. 2.3.5 Diversità di sensibilità fra la deflessione verticale e quella orizzontale.

Ciò non produce alcun inconveniente poiché le d.d.p. applicate alle due coppie di placche di deflessione presentano caratteristiche diverse.

Infatti alle placche verticali si applica una d.d.p. che é funzione del segnale di ingresso. Tale segnale può anche essere molto piccolo.

Alle placche orizzontali si applica invece una tensione di forma particolare detta "a dente di sega" generata da circuiti interni dell'oscilloscopio stesso.

2.4. APPLICAZIONE DI TENSIONI BILANCIATE ALLE PLACCHETTE DI DEFLESSIONE

Si consideri ora il caso riportato in Fig. 2.4.1 nel quale si fà notare che gli elettroni del fascio escono dal cannone elettronico ad una certa velocità. Tale velocità é stata acquisita polarizzando con tensioni positive i vari anodi rispetto al catodo.

Per far si che le placchette non introducano delle accelerazioni o delle decelerazioni in senso longitudinale le tensioni sono state applicate in modo tale che l'ultimo anodo viene a trovarsi allo stesso potenziale di quello presente nelle placchette deflettrici stesse.

Se quest'ultime in assenza di segnale si trovano ambedue a 0V anche l'ultimo anodo si trova a 0V e di conseguenza il catodo assume una tensione negativa, e tutti gli altri anodi si trovano ad un potenziale fra 0 ed il valore del catodo.

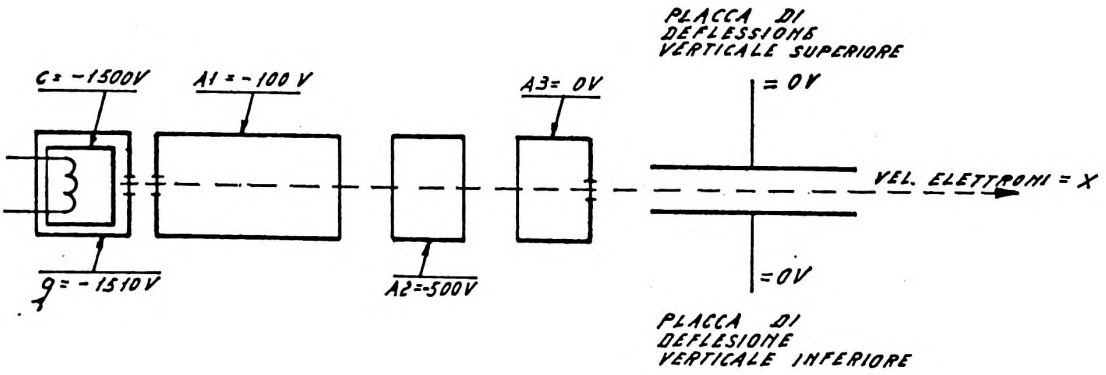


Fig. 2.4.1 Distribuzione delle tensioni di polarizzazione ai vari elettrodi del cannone elettronico.

Si supponga di applicare una tensione di + 10V ad una sola delle due placche, mantenendo l'altra a zero Volt si ha che un elettrone situato nel punto A (figura 2.4.2) viene sottoposto ad una forza che lo attrae secondo la direzione A - B.

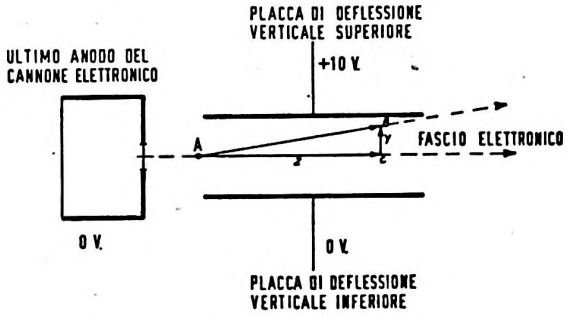


Fig. 2.4.2 Applicazione di una tensione di deflessione positiva ad una sola placchetta verticale.

Tale forza si può scomporre nelle sue due componenti quella longitudinale (z) e quella trasversale (y).

Da ciò si ricava che l'elettrone, oltre a venir deflesso verso l'alto, viene anche accelerato lungo l'asse longitudinale. L'elettrone quindi aumentando di velocità, diventa più "duro" da deflettere, e si ottiene all'aumentare della tensione positiva, uno spostamento verso l'alto che diventa sempre meno pronunciato.

Se alla placchetta precedentemente considerata si applica una tensione di - 10 V, mantenendo l'altra a 0 V si ha che un elettrone situato nel punto A (figura 2.4.3) viene sottoposto ad una forza che lo respinge lungo l'asse A - B.

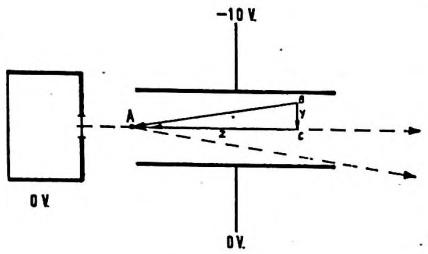


Fig. 2.4.3 Applicazione di una tensione di deflessione negativa ad una sola placchetta verticale.

Tale forza si può scomporre nelle sue due componenti longitudinale (z) e trasversale (y). Così l'elettrone, oltre a venir deflesso verso il basso viene anche decelerato lungo l'asse longitudinale. L'elettrone, diminuendo di velocità, diventa più "molle" da deflettere, e si ottiene uno spostamento verso il basso che diventa sempre più pronunciato all'aumentare della tensione negativa.

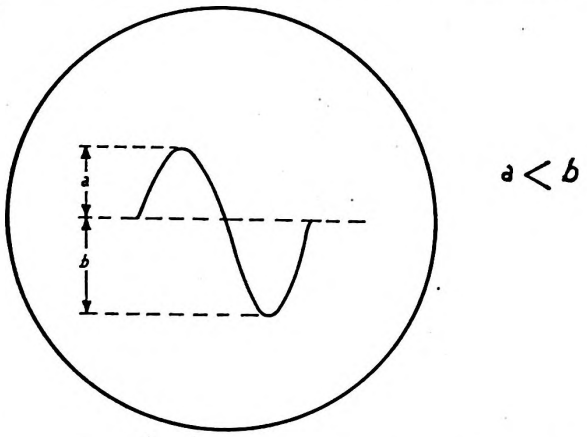


Fig. 2.4.4 Oscillogramma deformato di un segnale alternato.

Per evitare la formazione di un oscillogramma deformato del segnale applicato all'ingresso (Fig. 2.4.4) si applicano alle placchette di deflessione delle tensioni "bilanciate" rispetto allo 0V.

In questo caso, disponendo di una tensione di deflessione di + 10 V, anziché applicare + 10V ad una placchetta e 0V all'altra, si applica +5 V ad una e - 5 V all'altra in modo che la accelarazione longitudinale prodotta da una placchetta viene compensata dalla decelerazione prodotta dall'altra (Fig.2.4.5).

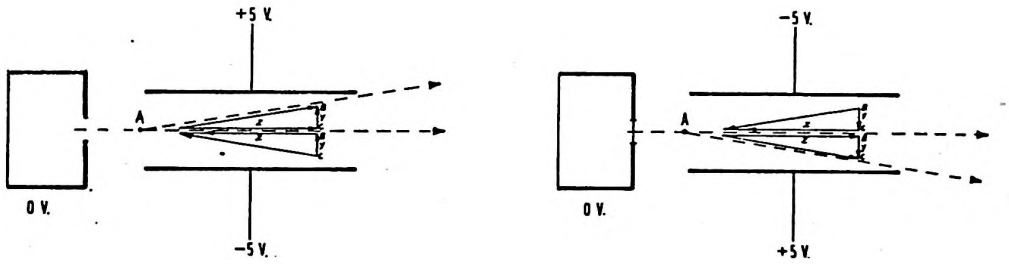


Fig. 2.4.5 Applicazione di tensioni bilanciate rispetto a 0V alle placchette di deflessione verticale.

Applicado le tensioni bilanciate rispetto allo 0V l'oscillogramma che si ottiene non risulta deformato (Fig. 2.4.6) bensì risulta una forma d'onda simile a quella applicata all'ingresso.

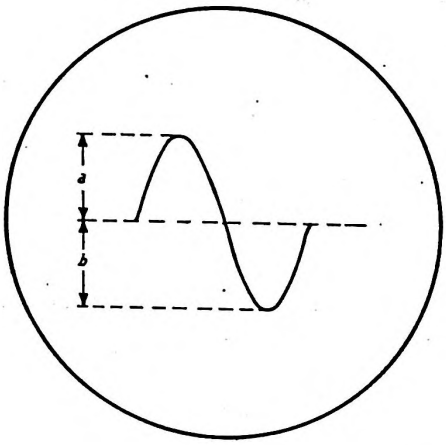


Fig. 2.4.6 Oscillogramma non deformato di un segnale alternato.

2.5. ANODO POST-ACCELERATORE E SCHERMO

Gli elettroni del fascio, dopo essere stati deviati, attraversano la zona dell'anodo post-acceleratore A4 tenuto ad un potenziale di 4000÷5000 V positivo rispetto al catodo.

Tale anodo ha il compito di accelerare ulteriormente e definitivamente gli elettroni nel senso da essi acquisito sotto l'influenza dell'azione delle placche di deflessione.

Si rende necessaria tale accelerazione poiché la sostanza fosforescente con la quale é costituito lo schermo può emettere luce con la dovuta brillantezza soltanto a condizione che gli elettroni la colpiscano con una sufficiente energia cinetica.

A tal proposito e necessario far notare che esiste un limite minimo di energia cinetica degli elettroni capace di eccitare la sostanza fosforescente e che non si può compensare una insufficiente energia cinetica degli elettroni aumentando l'intensità del flusso (aumentando cioé il numero degli elettroni che transitano in un certo tempo per una sezione del fascio elettronico).

Premessa la necessità di dover dotare gli elettroni di una certa energia cinetica, occorre spiegare il motivo per cui ciò venga fatto dopo che gli stessi hanno superato le placche di deflessione.

Se tutta l'accelerazione necessaria venisse impressa prima delle placche deflettrici, gli elettroni passerebbero attraverso queste con velocità molto elevata e subirebbero una deflessione assai piccola (si ricorda che la deflessione é proporzionale al tempo in cui gli elettroni attraversano le placche deflettrici), cioé il fascetto elettronico sarebbe "più duro" da deflettere con grave scapito della sensibilità.

Posizionando l'anodo acceleratore A4 dopo il sistema di deflessione si deflette il fascio prima che gli

elettroni acquistino grande velocità, mentre l'energia cinetica necessaria viene impartita agli elettroni dopo la deflessione.

Ciò consente di avere un sistema di deflessione più sensibile.

Il fascetto elettronico, colpendo lo schermo, fornisce a quest'ultimo continuamente delle cariche elettriche negative, le quali, in assenza di altri fenomeni, si accumulerebbero sullo schermo stesso abbassandone continuamente il potenziale ed esercitando una azione repulsiva sui successivi elettroni del fascio.

Avviene invece che lo schermo, colpito dagli elettroni del fascio (detti "primari") emette luce ed elettroni "secondari".

Questi ultimi, molto più lenti dei "primari" tornano verso l'anodo A4 ricadendo su questo o su uno strato di grafite colloidale depositato internamente alla parete di vetro del tubo, collegato all'anodo.

Con tale procedimento si raggiunge una condizione di regime nella quale il numero di elettroni secondari emessi dallo schermo e captati dall'anodo risulta uguale al numero degli elettroni primari incidenti. Questo fenomeno porta lo schermo ad un potenziale costante di circa 100 V negativi rispetto a quello dell'anodo A4. Con la "cattura" da parte dell'anodo A4 degli elettroni secondari si ha la chiusura elettrica del circuito del pennello elettronico.

Per quanto riguarda la proprietà della pasta fosforescente di cui é costituito lo schermo, si devono anzitutto distinguere paste a breve, media e lunga persistenza.

La luminosità dello schermo non si manifesta immediatamente, ma in pratica il tempo di eccitazione é trascurabile.

Invece interessa il tempo per il quale la luminosità permane dopo cessata l'eccitazione. La luminosità decresce esponenzialmente.

Si può prendere come riferimento per definire la "persistenza" di una pasta, il tempo in cui la luminosità decade riducendosi ad 1/100 del massimo valore iniziale.

Generalmente le paste che danno luce blu sono a breve persistenza con tempi di decadimento dell'ordine di 20 msec.

Le paste che danno luce verde sono a media e lunga persistenza con tempi dell'ordine di 50 e 80 msec. rispettivamente.

Anteriormente allo schermo del T.R.C. viene normalmente posta una placchetta di materiale trasparente che porta inciso un reticolo che stabilisce dei punti di riferimento quando si effettuano delle misure.

In Fig. 2.5.1 viene dato un esempio della disposizione del tracciato di un tale reticolo.

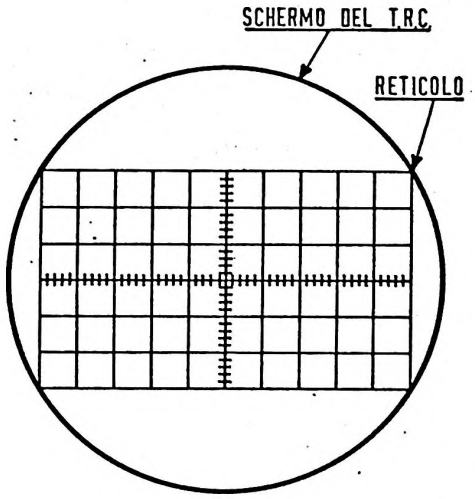


Fig. 2.5.1 Reticolo dello schermo del T.R.C.

DOMANDE

a) Cosa rappresenta il cannone elettronico ?

.....
.....

b) Con la manopola "Intensità luminosa" (INTENSITY) posta sulla parte frontale dell'oscilloscopio, in quale organo interno del cannone si agisce ?

.....
....

c) Con la manopola "Fuoco" (FOCUS) su quale anodo del cannone si agisce ?

.....
.....

d) Variando l'intesità luminosa, normalmente su quale altra manopola é necessario agire perché il fascio luminoso si presenti puntiforme sullo schermo ?

.....
.....

RISPOSTE

a) Rappresenta un complesso di organi adibito alla emanazione degli elettroni e alla loro proiezione contro lo schermo.

b) Tramite la manopola "Intensità luminosa" si agisce sulla griglia variandone il suo potenziale . Le variazioni di tale potenziale consentono una maggior o minor fuoriuscita di elettroni dal catodo verso gli anodi.

c) Tramite la manopola "Fuoco" si agisce sull'anodo A2 variandone il suo potenziale.

d) Quando si varia l'intensità luminosa é necessario poi agire sul "Fuoco " onde ottenere sullo schermo il fascio di elettroni puntiforme.

3. APPLICAZIONE DELLE TENSIONI DI DEFLESSIONE ALLE PLACCHE

3.1. TENSIONI DI DEFLESSIONE

Esaminando il funzionamento del registratore meccanico si era constatato che per ottenere la rappresentazione grafica dell'andamento di una tensione é necessario che :

- lo spostamento orizzontale del dispositivo scrivente sia funzione del tempo
- lo spostamento verticale del dispositivo scrivente sia funzione del valore della tensione in esame.

Nel T.R.C. sono ancora utilizzati gli stessi principi, cioé :

- alle placche di deflessione orizzontale viene inviata una tensione, generata internamente all'oscilloscopio, che varia linearmente in funzione del tempo e che é denominata "dente di sega".
- alle placche di deflessione verticale viene inviata una tensione proporzionale alla tensione in esame.

3.2. DENTE DI SEGA

La denominazione che viene attribuita a questa tensione é determinata dalla configurazione particolare che essa assume (fig. 3.2.1).

Infatti, questa tensione ha lo scopo di spostare da sinistra verso destra dello schermo e viceversa, il fascio di elettroni a velocità costante.

Dei due spostamenti, quello che viene utilizzato per visualizzare la traccia sullo schermo é quello da sinistra verso destra.

Lo spostamento da destra verso sinistra viene utilizzato solo per riportare il fascio elettronico a sinistra dello schermo.

I due spostamenti avvengono a velocità diverse tra loro.

Infatti lo spostamento da sinistra verso destra deve avvenire nel tempo durante il quale si vuole visualizzare l'andamento della tensione in esame.

Il ritorno del pennello elettronico (da destra verso sinistra) deve avvenire in un tempo minimo affinché vada perduto il minor tempo possibile fra due visualizzazioni successive (Fig. 3.2.1).

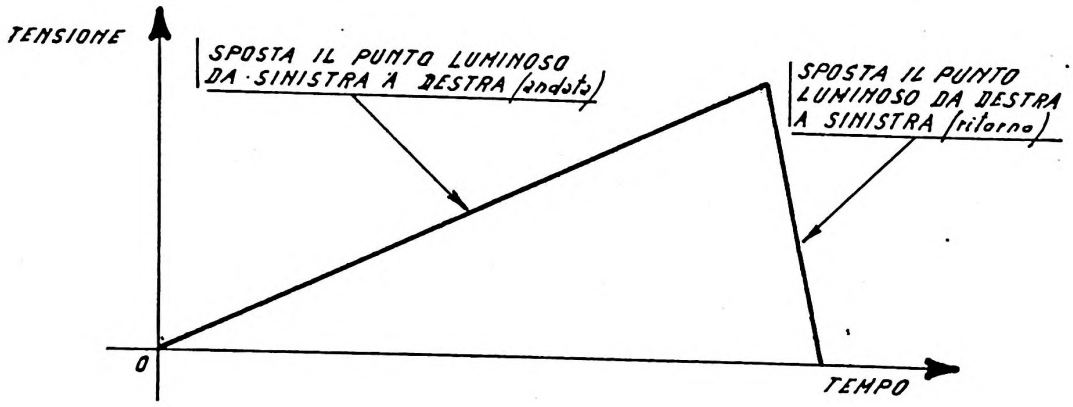


Fig. 3.2.1 Andamento della tensione "a dente di sega" applicata alle placche di deflessione orizzontale.

3.3. OSSERVAZIONE DELL'ANDAMENTO DI UNA TENSIONE

La tensione della quale si vuole osservare l'andamento viene applicata alle placchette di deflessione verticale.

Per comprendere come si forma sullo schermo del T.R.C. l'immagine dell'andamento della tensione in esame si possono considerare i seguenti casi :

1° - Applicazione della tensione a dente di sega alle placchette orizzontali e di una tensione di valore zero alle placchette verticali.
In questo caso il pennello elettronico subisce spostamenti solo lungo l'asse orizzontale (figura 3.3.1)

2° - Applicazione della tensione in esame alle placchette verticali e assenza della tensione a dente di sega alle placchette orizzontali.

In tal caso il pennello elettronico subisce spostamenti solo lungo l'asse verticale (Fig.3.3.2).

3° - Applicazione contemporanea della tensione a dente di sega alle placchette orizzontali e della tensione in osservazione alle placchette verticali.

In quest'ultimo caso, le posizioni successive del pennello elettronico saranno stabilite dai valori istantanei delle due tensioni di spostamento.

In Fig. 3.3.3 é dato un esempio di osservazione dell'andamento di una tensione in esame.

Si può verificare che al tempo t 0 la tensione di spostamento verticale assume il valore V0V e la tensione di spostamento orizzontale assume il valore V0O. Con questi valori, la traccia sullo schermo si troverà al punto S0.

Al tempo t 1 la tensione in esame ha valore V1V mentre la tensione a dente di sega ha valore V1O. Ciò comporta che sullo schermo la traccia ha subito due spostamenti, uno relativo all'asse verticale e uno relativo all'asse orizzontale.

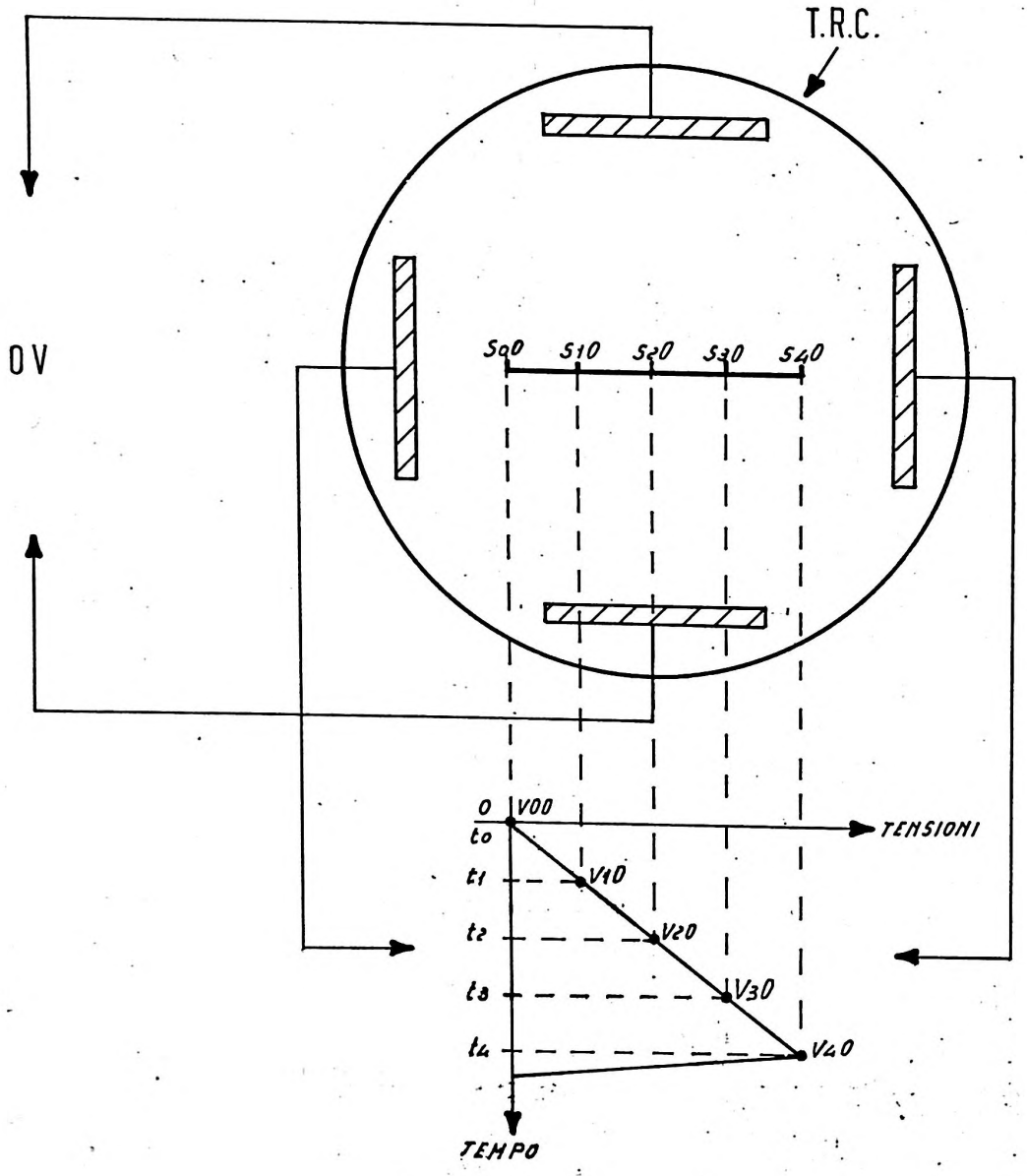


Fig. 3.3.1 Traccia risultante sullo schermo del T.R.C. alla applicazione del solo dente di sega alle placche di deflessione orizzontale.

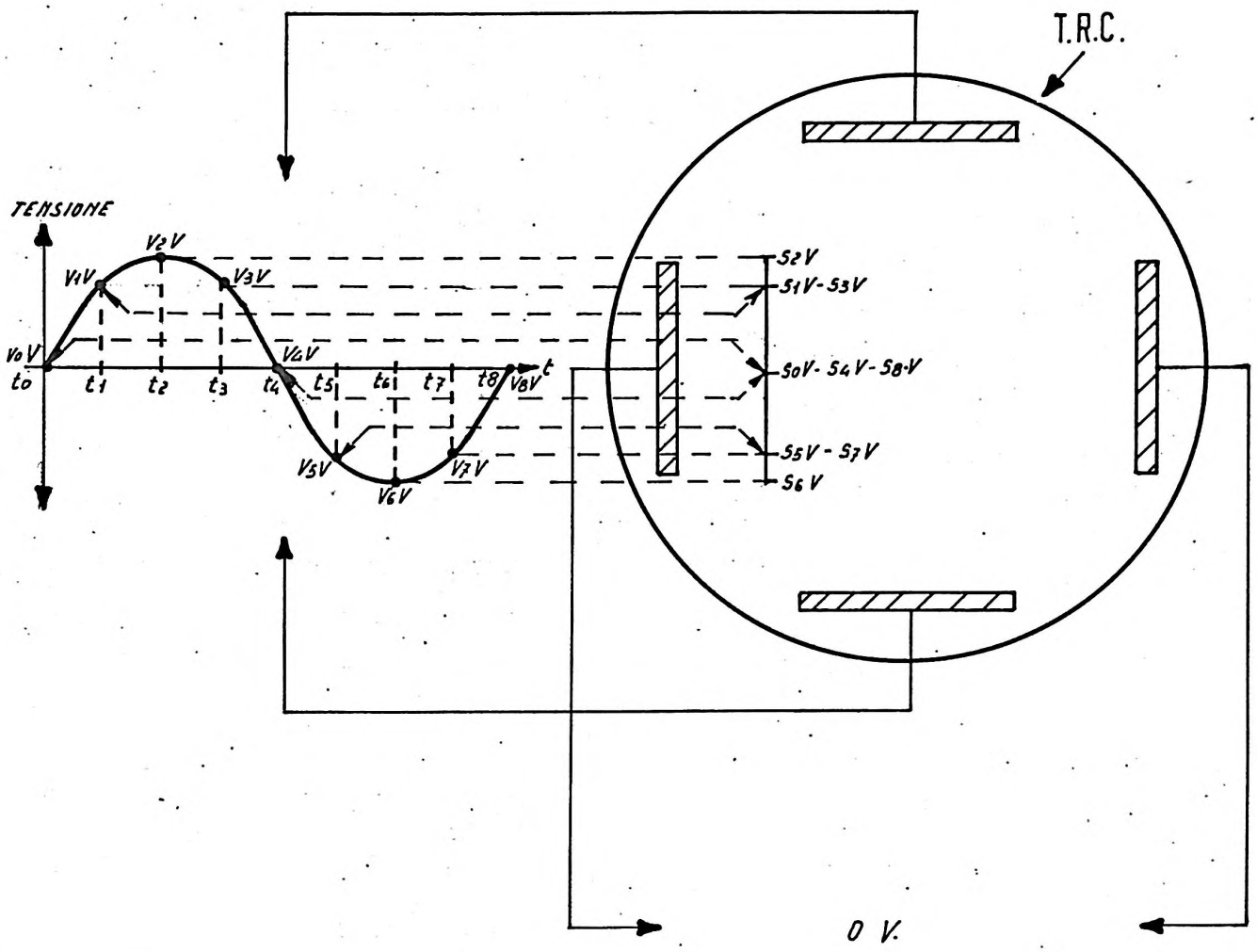


Fig. 3.3.2 Traccia risultante sullo schermo del T.R.C. alla applicazione del solo segnale alternato alle placche di deflessione verticale.

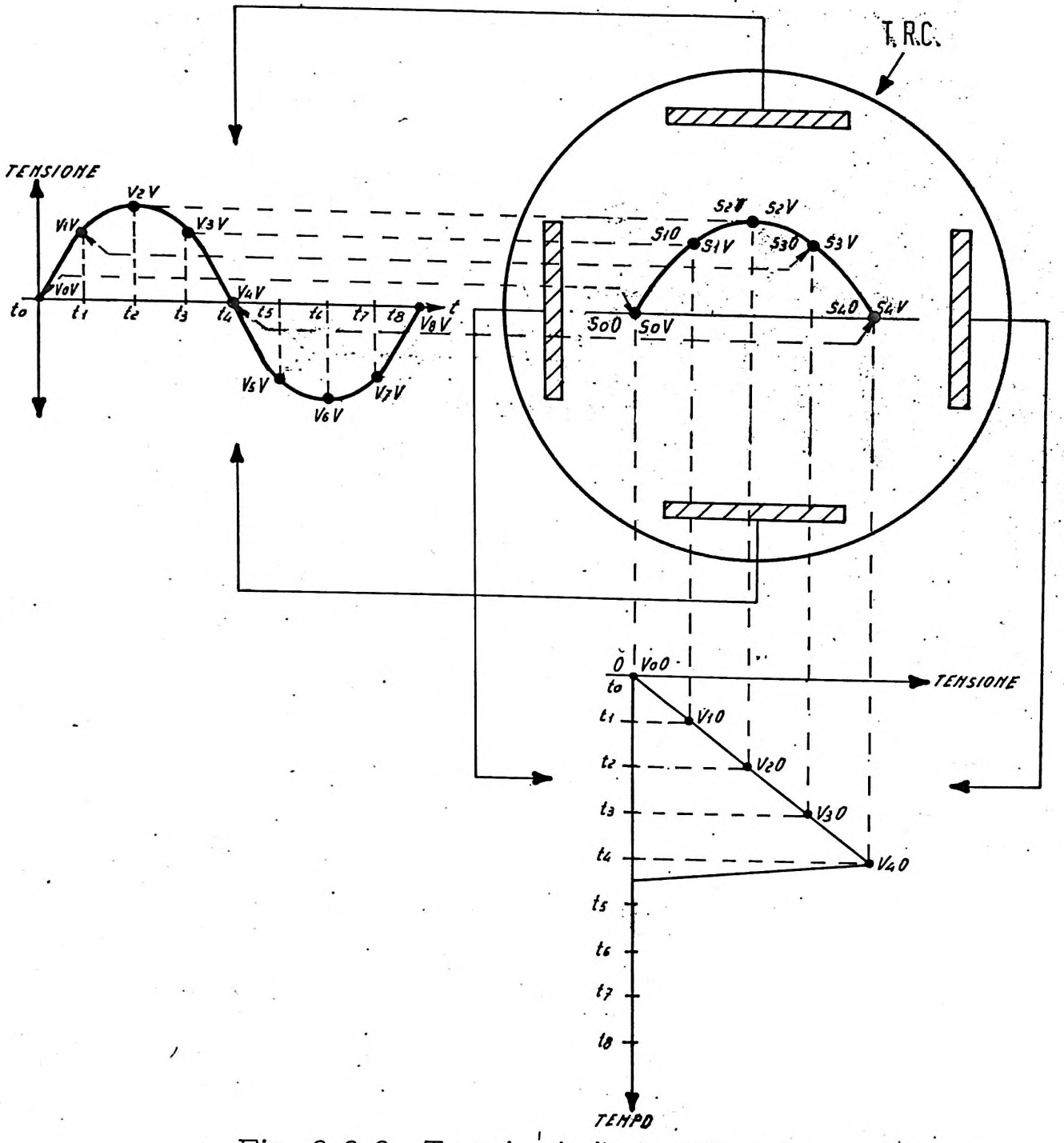


Fig. 3.3.3 Traccia risultante sullo schermo del T.R.C. alla applicazione contemporanea del segnale alternato alle placche di deflessione verticale e del dente di sega (da t0 a t4) alle placche di deflessione orizzontale.

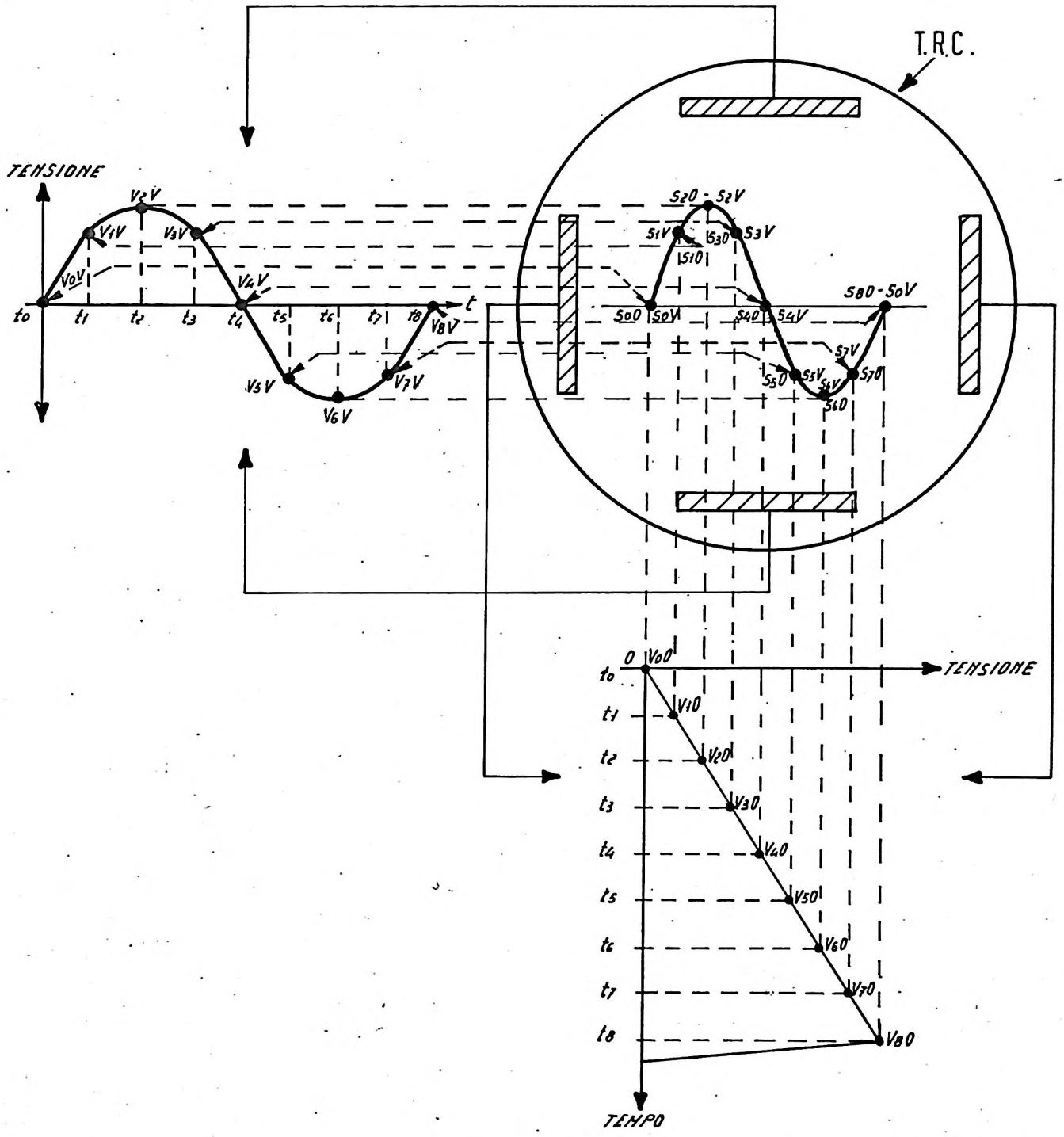


Fig. 3.3.4 Traccia risultante sullo schermo del T.R.C. alla applicazione contemporanea del segnale alternato alle placche di deflessione verticale e del dente di sega (da t0 a t8) alle placche di deflessione orizzontale.

L'azione combinata di questi spostamenti posiziona la traccia sullo schermo al punto S 1.

In definitiva si ha che da t 0 a t 4 i valori corrispondenti sullo schermo sono :

tempo	t 0	t 1	t 2	t 3	t 4
val.orizz.	V0O	V1O	V2O	V3O	V4O
val.vert.	V0V	V1V	V2V	V3V	V4V
posiz.sullo schermo	S0	S1	S2	S3	S4

Si può osservare che per avere una traccia corrispondente ad un semiperiodo della tensione in esame, il dente di sega deve passare dal suo valore zero al suo valore massimo nel tempo in cui si manifesta il semiperiodo stesso.

In Fig. 3.3.4 viene riportato un esempio di osservazione dello stesso segnale della Fig. 3.3.3. In quest'ultima osservazione il dente di sega ha durata maggiore.

3.4. PERSISTENZA DELLA TRACCIA SULLO SCHERMO

Nel registratore meccanico, la traccia dell'andamento della curva in esame rimane sulla carta anche dopo che il fenomeno in osservazione é scomparso.

Ciò rende possibile lo studio della curva tracciata anche in momenti successivi a quelli della rilevazione stessa.

Al contrario, sullo schermo dell'oscilloscopio la traccia rimane solo per il tempo determinato dal grado di persistenza del fosforo utilizzato; tale grado di persistenza é normalmente dell'ordine di qualche millesimo di secondo.

Come conseguenza si ha che : non é general - mente sufficiente un solo dente di sega per osservare l'andamento di una tensione poiché la traccia permane sullo schermo per un tempo troppo piccolo.

Si dovrà allora applicare alle placche orizzontali un segnale composto da una serie di impulsi a dente di sega, Fig. 3.4.1 e l'osservazione della curva sarà possibile solo nel tempo durante il quale si inviano questi impulsi.

Ogni dente di sega permetterà di far apparire sullo schermo una curva del segnale in esame sovrapposta a quella del dente precedente.

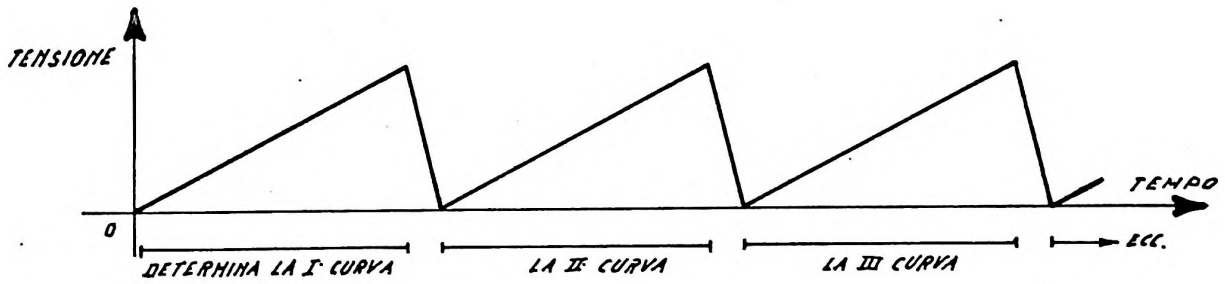


Fig. 3.4.1 Treno di impulsi a dente di sega.

Se la frequenza del segnale a dente di sega é diversa da quella del segnale da osservare, si potrà verificare il caso indicato in Fig. 3.4.2 della quale si osserva che le varie curve, pur essendo la tensione in esame a frequenza costante, non coincidono sullo schermo. In questo caso l'immagine continua a spostarsi da sinistra verso destra.

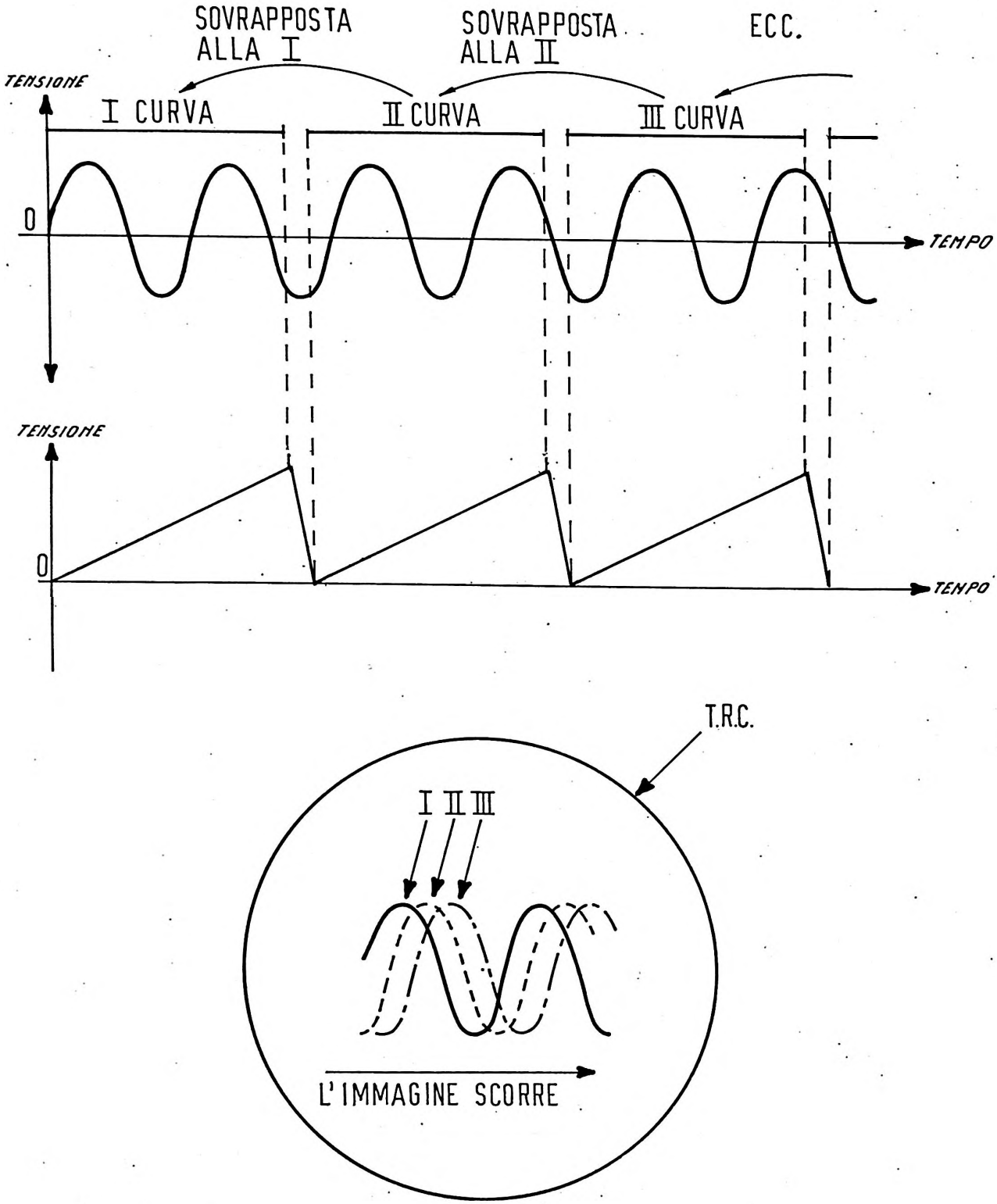


Fig. 3.4.2 Le curve disegnate dai vari denti di sega risultano sfasate e si vede l'immagine scorrere.

Per ottenere una immagine stabile (Fig. 3.4.3) dato che non si può modificare la frequenza del segnale in esame, occorre modificare la frequenza dei denti di sega in modo che essa diventi uguale o sottomultipla di quella dei segnali da osservare.

Per ottenere tale risultato si possono usare due metodi :

- portare il periodo dei denti di sega a un valore costante uguale o sottomultipla di quello della tensione in esame (Fig. 3.4.4)
- aspettare un certo tempo fra un dente ed il successivo (Fig. 3.4.5).

Il rapporto esistente fra il periodo del dente di sega e quello del segnale in esame stabilisce il numero di cicli del segnale in esame che si possono osservare sullo schermo.

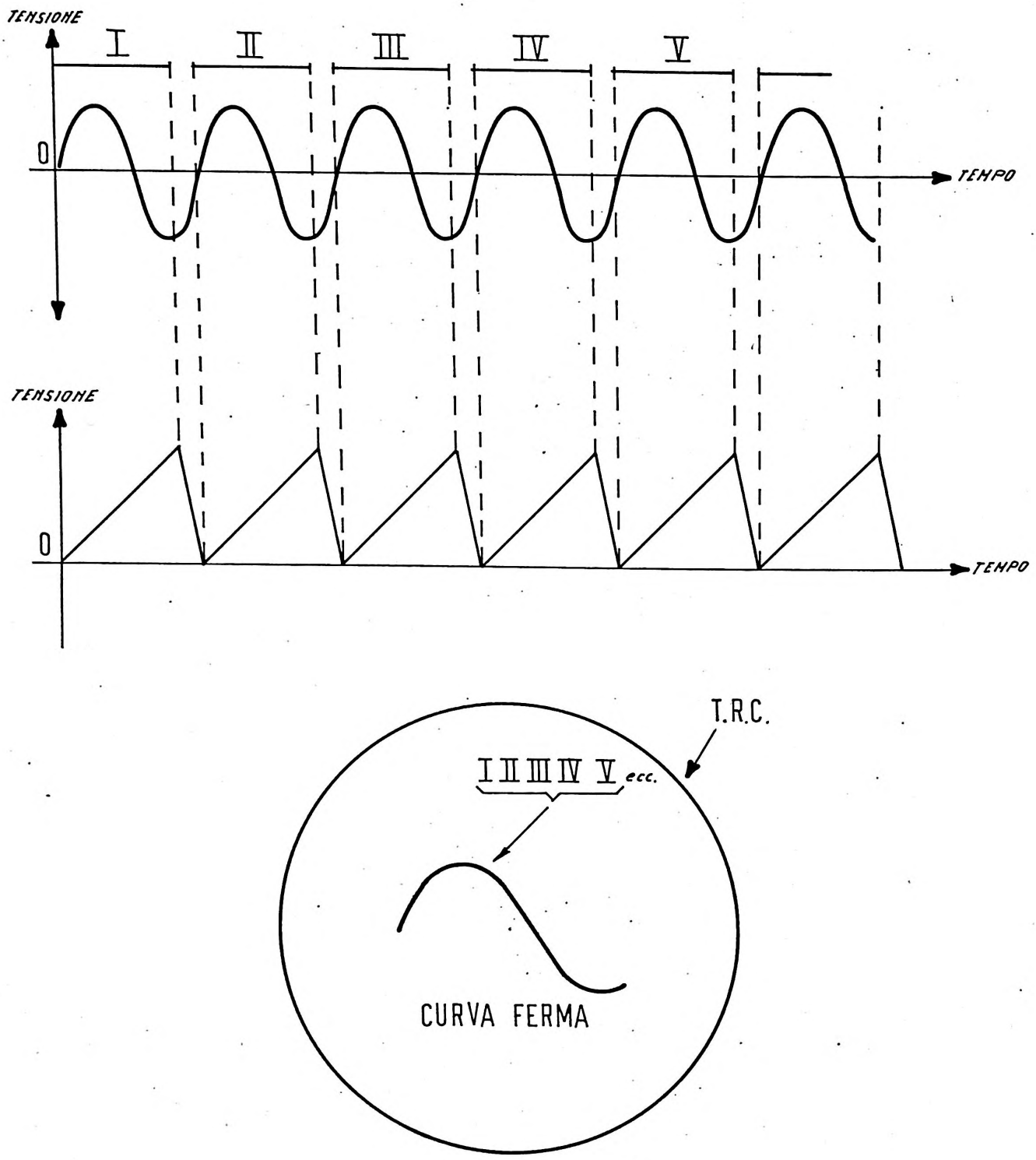
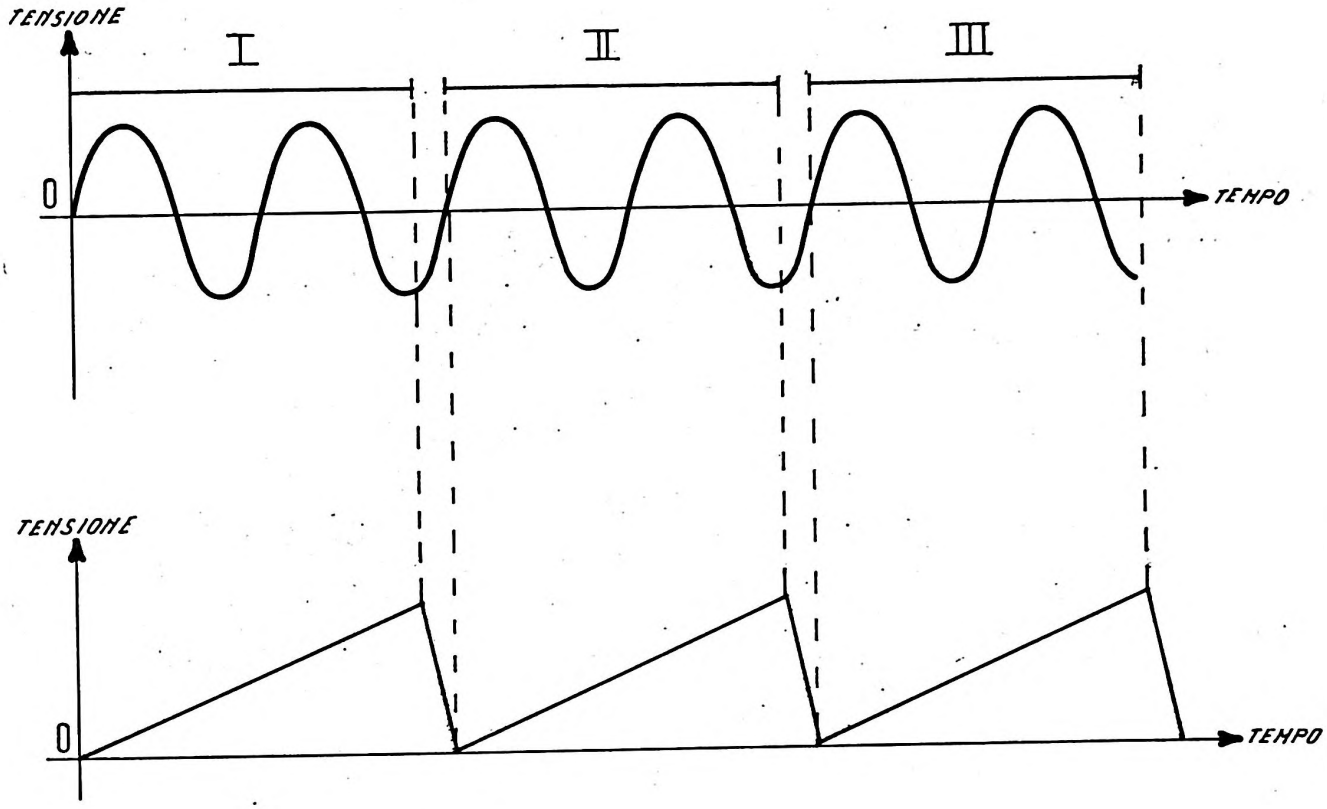


Fig. 3.4.3 Denti di sega con frequenza uguale a quella del segnale in osservazione.



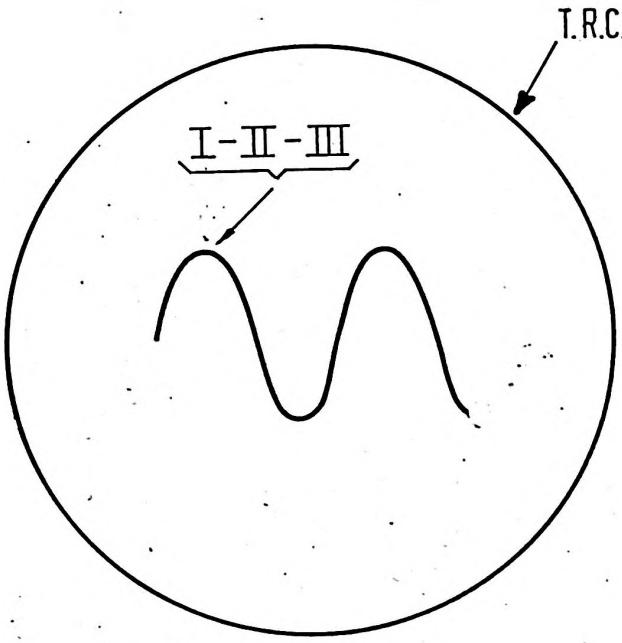


Fig. 3.4.4 Denti di sega con frequenza metà di quella dei segnali in osservazione.

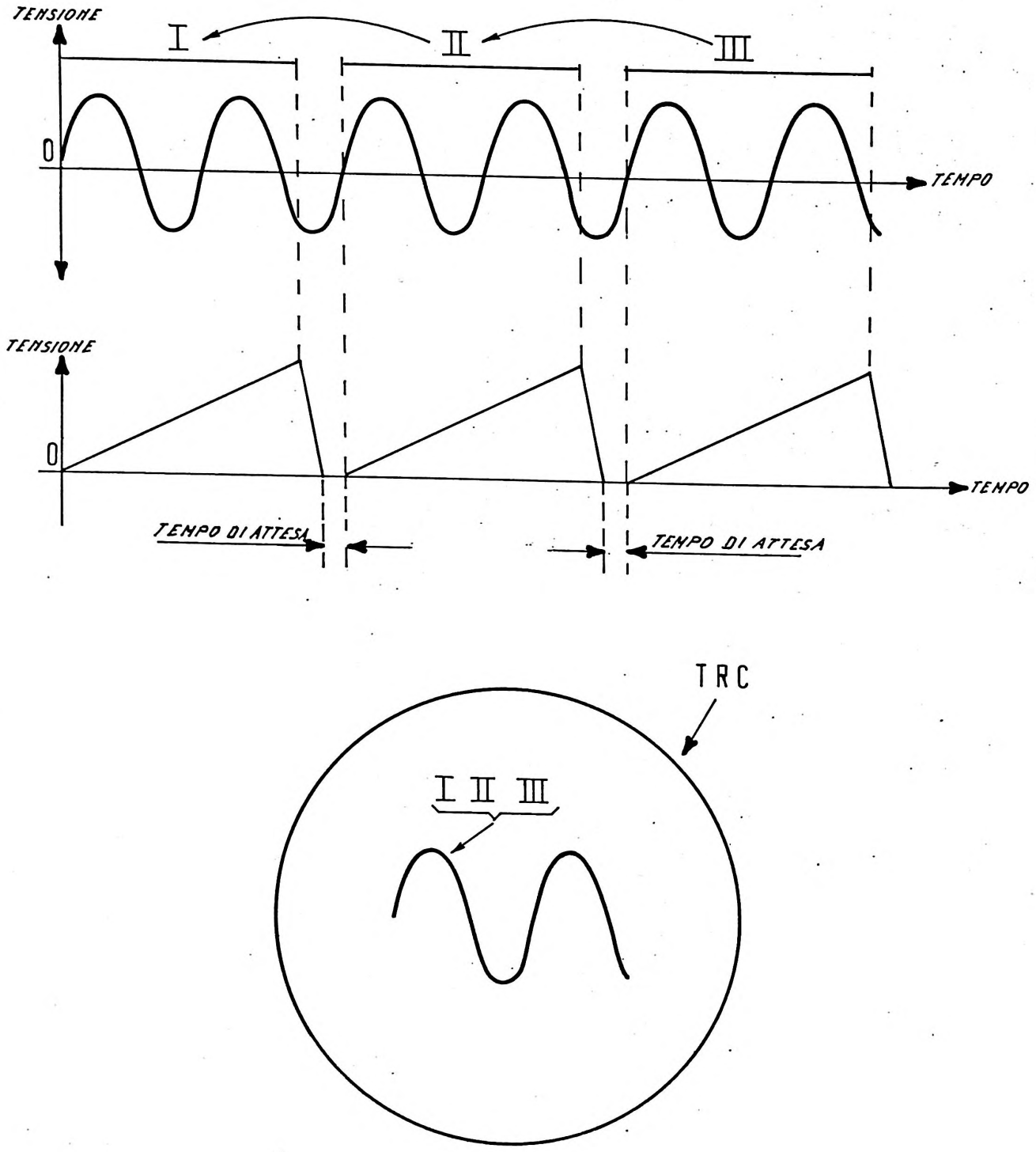
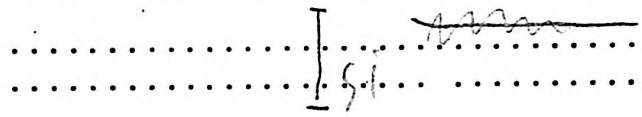


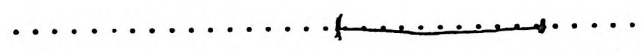
Fig. 3.4.5 Inserimento di un tempo di attesa fra i vari denti di sega.

DOMANDE

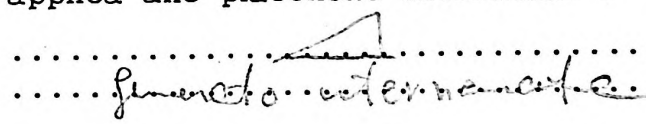
a) Se si applica un segnale variabile alle placchette di deflessione verticali e le placchette orizzontali sono tenute a zero volt qual'é la figura che appa re sullo schermo dell'oscilloscopio ?



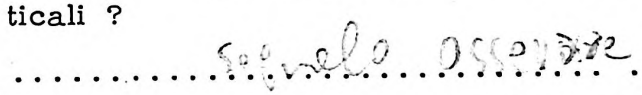
b) Se si applica un segnale variabile alle placchette orizzontali e le placchette verticali sono tenute a ze ro volt qual'é la figura che appare sullo schermo?



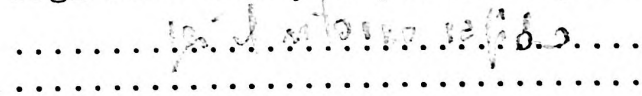
c) Generalmente, da chi é fornito il segnale che si applica alle placchette orizzontali ?



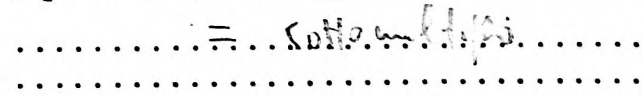
d) Qual'é il segnale che si applica alle placchette ver ticali ?



e) Perché il tempo del fronte di discesa del dente di sega deve essere il più breve possibile ?



f) Affinché si possa ottenere una immagine stabile sullo schermo qual'é la relazione essenziale che lega il dente di sega al segnale da osservare ?



RISPOSTE

a) Una linea retta verticale.

b) Una linea retta orizzontale.

c) Dal generatore interno di tensione a dente di sega.

d) Il segnale da osservare.

e) Perché più é breve il tempo del fronte di discesa minore é il tempo perduto tra visualizzazioni successive del segnale in esame.

f) Il dente di sega deve avere una frequenza uguale o sottomulitpla del segnale in esame.

LEZIONE 4

Tempo di studio
1 ora

4. CIRCUITI RELATIVI ALL'ASSE Y

4.1. SCHEMA A BLOCCHI DI UN OSCILLOSCOPIO

In relazione ai due metodi usati per rendere stabile l'immagine che si vuol osservare sullo schermo del T.R.C., presentati nella lezione precedente, si possono fare alcune considerazioni :

- nel primo caso risulta molto difficoltoso mantenere perfettamente sincronizzata la frequenza del dente di sega con quella del segnale da osservare, perciò questo metodo non viene usato
- nel secondo caso occorre che il segnale da osservare sia inviato oltre che alle placchette verticali, anche ad un particolare circuito che ne confronta il valore con uno prefissato. Quando il segnale con la sua forma d'onda raggiunge il valore di tensione prefissato esso dà origine ad un dente si sega.

  In questo modò lo stesso segnale in esame determina la partenza del dente di sega per cui questo ultimo risulta sicuramente sincronizzato con il primo.

Nello schema a blocchi di Fig. 4.1.1 sono riportati i circuiti utilizzati per la realizzazione di tali concetti.

Da un primo esame si può notare che ci sono due blocchi di circuiti : uno relativo ai segnali da inviare alle placchette di deflessione verticale ed uno relativo ai segnali da inviare alle placchette di deflessione orizzontali.

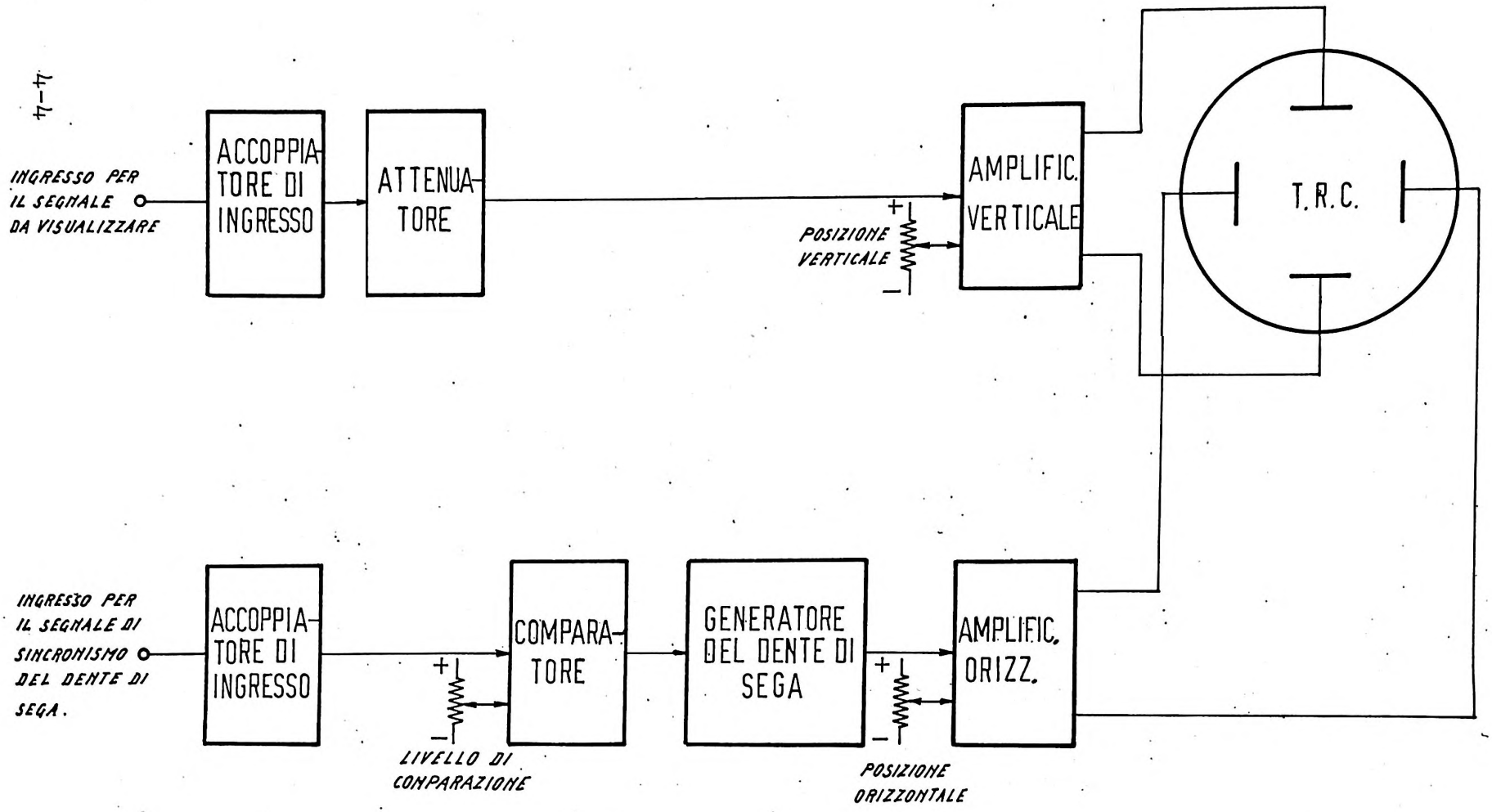


Fig. 4.1.1 Schema a blocchi di un oscilloscopio tipico.

L'insieme dei circuiti relativo all'asse verticale é costituito da (Fig. 4.1.1.) :

- un ingresso predisposto per ricevere i segnali da visualizzare
- un accoppiatore di ingresso che é utilizzato per accoppiare i segnali di ingresso con i circuiti interni
- un attenuatore che ha lo scopo di attenuare i segnali d'ingresso, nel caso che questi siano di ampiezza eccessiva
- un amplificatore che ha il compito di amplificare i segnali d'ingresso nel caso che questi siano di ampiezza troppo piccola

L'insieme dei circuiti relativi all'asse orizzontale é costituito da (Fig. 4.1.1) :

- un ingresso predisposto per ricevere i segnali di sincronismo dei denti di sega
- un accoppiatore di ingresso che é utilizzato per accoppiare i segnali d'ingresso con i circuiti interni
- un comparatore che confronta il valore istantaneo dei segnali di sincronismo con un valore costante stabilito manualmente. Quando si raggiunge l'uguaglianza dei valori, il circuito dà in uscita l'impulso di partenza del dente di sega
- un generatore di impulsi a dente di sega
- un amplificatore per portare i segnali a dente di sega ad un valore sufficiente per ottenere la deflessione orizzontale voluta.

4.2. CIRCUITI RELATIVI ALL'ASSE Y

Le placche di deflessione del T.R.C. sono caratterizzate da una certa sensibilità di deflessione. Tale sensibilità viene indicata dal valore della d.d.p. espressa in Volt che si deve applicare alle placche per ottenere uno spostamento della traccia sullo schermo di un cm (Volt/cm).

Conoscendo le dimensioni delle suddivisioni del reticolo sovrapposto allo schermo, si può facilmente esprimere tale sensibilità in Volt/div. dato che sono proprio le divisioni del reticolo che vengono usate come unità di misura per conoscere l'ampiezza del segnale visualizzato.

E' necessario tener presente che per avere sullo schermo una visualizzazione del segnale in esame sufficientemente dettagliata é opportuno che la traccia non risulti inferiore ad una divisione del reticolo; al contrario per avere una visualizzazione completa del segnale é necessario che esso non sia superiore al numero massimo di divisioni disponibili.

Si supponga, per esempio, di disporre di un T.R.C. che abbia una sensibilità di deflessione verticale di 20 V/div. e che il reticolo sovrapposto allo schermo porti sei divisioni sull'asse verticale.

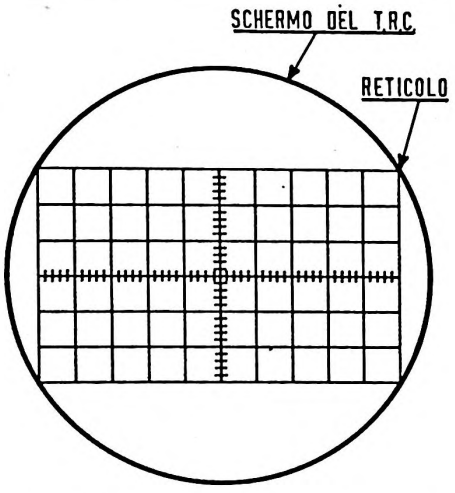


Fig. 4.2.1 Schermo con un reticolo di 6 divisioni verticali e 10 orizzontali.

In tal caso il segnale applicato alle placchette di deflessione verticali non potrà essere inferiore a 20V e superiore a 120 V (20 V/div x 6 div.).

Se si vogliono osservare segnali di ampiezza inferiore a 20 V occorre perciò amplificarli per portarli entro i limiti sopra indicati, mentre occorre attenuarli se sono di ampiezza superiore a 120 V.

Per ottenere tali risultati si deve inserire :

- un amplificatore tra ingresso e placchette di deflessione
- un attenuatore tra ingresso e amplificatore.

4.3. CIRCUITO AMPLIFICATORE

L'amplificatore da inserire tra l'ingresso e le placche di deflessione deve avere un guadagno costante tale da portare il valore minimo dei segnali applicabili all'ingresso al valore richiesto dalle placchette per ottenere la deflessione minima di una divisione. In pratica se un oscilloscopio ha un valore minimo d'ingresso 0,05 V e il T.R.C. ha una sensibilità di deflessione di 20 V/divisione l'amplificatore inserito tra ingresso e placchette avrà un guadagno di 400 (Fig. 4.3.1).

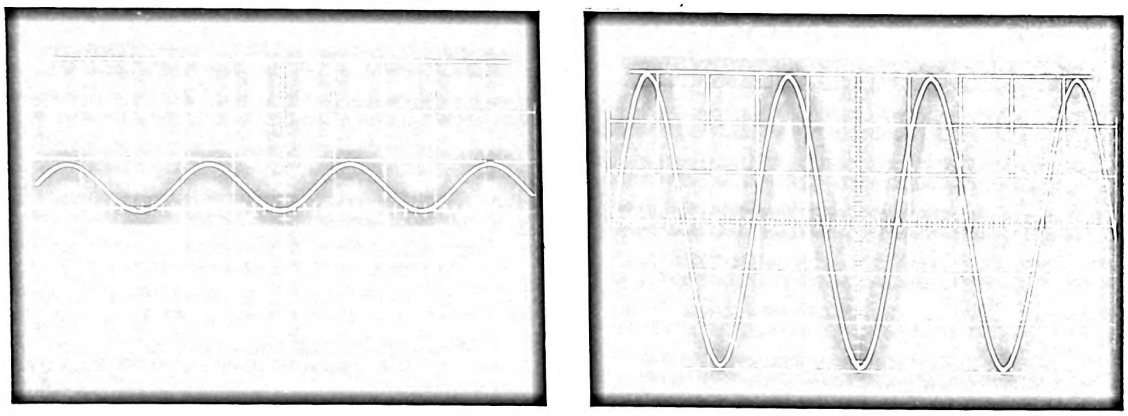


Fig. 4.3.1 Osservazione corretta di un segnale di 0,05 e di uno di 0,3 V.

Se lo schermo del T.R.C. porta 6 divisioni sull'asse verticale il valore massimo applicabile alle placchette verticali per ottenere una deflessione contenuta integralmente nello schermo non deve superare i 120 V.

Questo significa che se i segnali d'ingresso vengono inviati alle placchette verticali sempre tramite lo amplificatore dal guadagno costante di 400, i valori di ingresso superiori a 0,3 V vengono visualizzati solo parzialmente (Fig. 4.3.2).

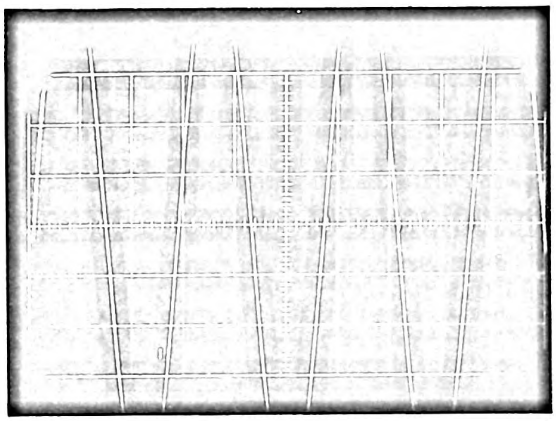


Fig. 4.3.2 Osservazione errata di un segnale di 0,05 V.

Ciò porta a concludere che nel caso in esame, con l'amplificatore inserito, il campo di variazione dei segnali d'ingresso varia da 0,05 ÷ 0,3 V. Entro questo intervallo i segnali sono visualizzati correttamente.

In Fig. 4.3.3 viene riportato un esempio semplificato di un circuito amplificatore differenziale con accoppiamento in corrente continua.

L'amplificatore ha la funzione di :

- ricevere i segnali dall'ingresso, offrendo un'alta impedenza per richiedere una piccola corrente dai circuiti in esame, ed inviarli ai circuiti successivi con una impedenza più bassa (TR1 montato ad emitter follower)
- permettere la regolazione fine della taratura della sensibilità di deflessione verticale (potenziometro taratura guadagno) onde ottenere valori esatti del gua

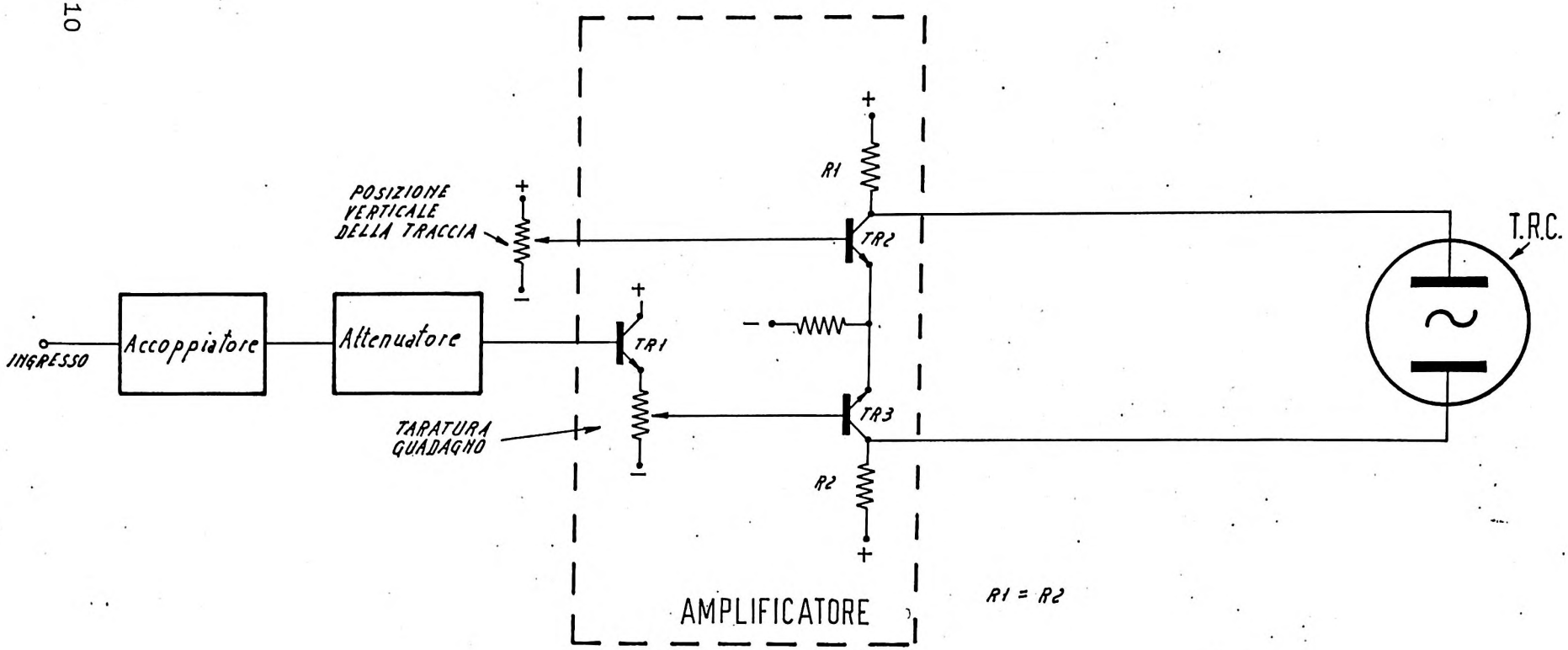


Fig. 4.3.3 Schema elettrico semplificato di un amplificatore differenziale.

dagno dell'amplificatore. Nel caso analizzato in precedenza era richiesto un guadagno esatto di 400.

- amplificatore i segnali (TR2 e TR3)
- invertire i segnali (TR3)
- permettere l'inserzione di una componente continua in serie al segnale per poter spostare manualmente la traccia in senso verticale (potenziometro posizione verticale)
- fornire alle placche i segnali amplificati, tramite due vie diverse : una via porta i segnali in fase con quelli in ingresso, l'altra porta i segnali di fase opposta.

In uscita di questo circuito, fra i collettori di TR2 e TR3, esiste una differenza di potenziale che corrisponde alla differenza di potenziale amplificate ed invertite esistente fra le due basi dei transistor stessi.

Se le due tensioni presenti sulle basi sono uguali non esiste d.d.p. tra i due collettori poiché circolano correnti di valore uguale nei due transistor. Essendo R1 = R2, la caduta di potenziale ai capi delle stesse é uguale.

I due transistori (TR2, TR3) del circuito amplificatore sono accoppiati fra loro tramite gli emettitori. Una variazione della Vbe di uno dei due transistori provoca nello stesso una variazione della Ib e della Ic, ed una variazione della Ve su ambedue. Di conseguenza la Vbe dell'altro transistore viene a variare in modo opposto a quella del primo, originando una variazione di senso opposto della Ib e della Ic.

Per esempio se la Vbe, la Ibe e la Ic di un transistore aumentano, la Vbe, la Ib e la Ic dell'altro diminuiscono. In tal modo mentre la Vce del primo diminuisce la Vce dell'altro aumenta.

La d.d.p. continua, esistente tra i due collettori , dipende dalla taratura del potenziometro di regolazione "posizione verticale della traccia".

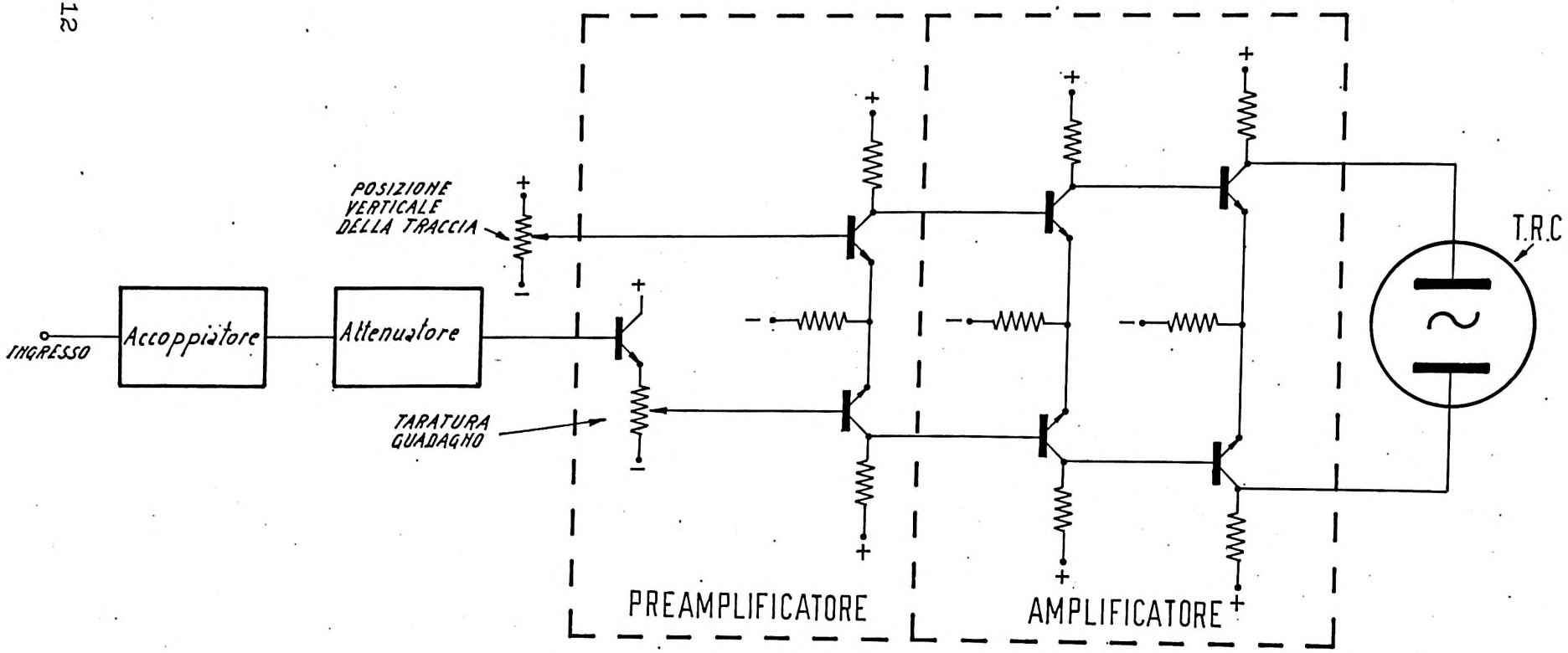


Fig. 4.3.4 Schema elettrico semplificato di un preamplificatore e di un amplificatore.

Normalmente un solo stadio, non é sufficiente per ottenere il guadagno richiesto, perciò si utilizzano più stadi in cascata.

In Fig. 4.3.4 viene dato un esempio di amplificatore a più stadi. In questo caso i circuiti vengono suddivisi in :

- Preamplificatore
- Amplificatore.

4.4. ATTENUATORE

Come indicato in precedenza l'attenuatore serve per poter osservare, sullo schermo la forma integrale di segnali d'ingresso aventi grandi ampiezze.

L'attenuatore si compone di una serie di resistenze di valore opportuno e di notevole precisione inseribili tramite un commutatore, tra l'ingresso del segnale e l'ingresso dell'amplificatore e disposte come indicato in Fig. 4.4.1.

Il comando di tale commutatore viene denominato "SENSIBILITA'" dell'asse verticale o V/dv. Le posizioni che questo commutatore può assumere sono segnate con il valore di tensione necessario in ingresso per ottenere sullo schermo una deflessione corrispondente ad una divisione verticale del reticolo.

Ciò é valido solo quando si é stabilito il guadagno dell'amplificatore e lo si mantiene costante.

Nell'esempio indicato in Fig. 4.4.1 si supponga che il commutatore si trovi nella posizione 0,05 Volt/div. ciò significa che applicando all'ingresso verticale una tensione di 0,05 V si otterrà uno spostamento verticale (positivo o negativo a seconda del segno della tensione d'ingresso) di una divisione. In questa posizione l'attenuatore non introduce alcuna attenuazione dato che esso risulta solamente collegato in parallelo all'ingresso. Ciò significa che, se si suppone una sensibilità di deflessione verticale del T.R.C. di 20 V/div., l'amplificatore deve portare il segnale di ingresso da 0,05 V a 20 V aumentandola di 400 volte.

Si supponga poi di porre il commutatore, nella posizione 0,1 Volt/div., si otterrà lo stesso spostamento sullo schermo di una divisione con una tensione di ingresso doppia rispetto a quella del caso precedente. L'attenuatore in questo caso abbassa il valore della tensione di ingresso da 0,1 V a 0,05 V dato che funziona come un partitore resistivo, mentre la sensibilità del T.R.C. ed il guadagno dell'amplificatore restano costanti.

Disponendo di una certa tensione da applicare all'ingresso verticale dell'oscilloscopio, si pone il problema di scegliere la posizione più adatta del commutatore VOLT/div. in relazione al valore della tensione.

Infatti se si suppone di dover misurare una tensione di 20 V, e si usano posizioni del commutatore VOLT/div. molto sensibili (verso lo 0,05V/div.) disponendo di un reticolo di 6 divisioni gli estremi dell'oscillogramma usciranno dal reticolo stesso, mentre se si usano posizioni poco sensibili (verso il 20 V/ div.)si osserverà un segnale poco dettagliato in ampiezza.

Con il valore di tensione indicato si presterebbe la posizione del commutatore 5 VOLT/div., ottenendo una traccia sullo schermo di ampiezza di 4 (20 : 5) divisioni verticali.

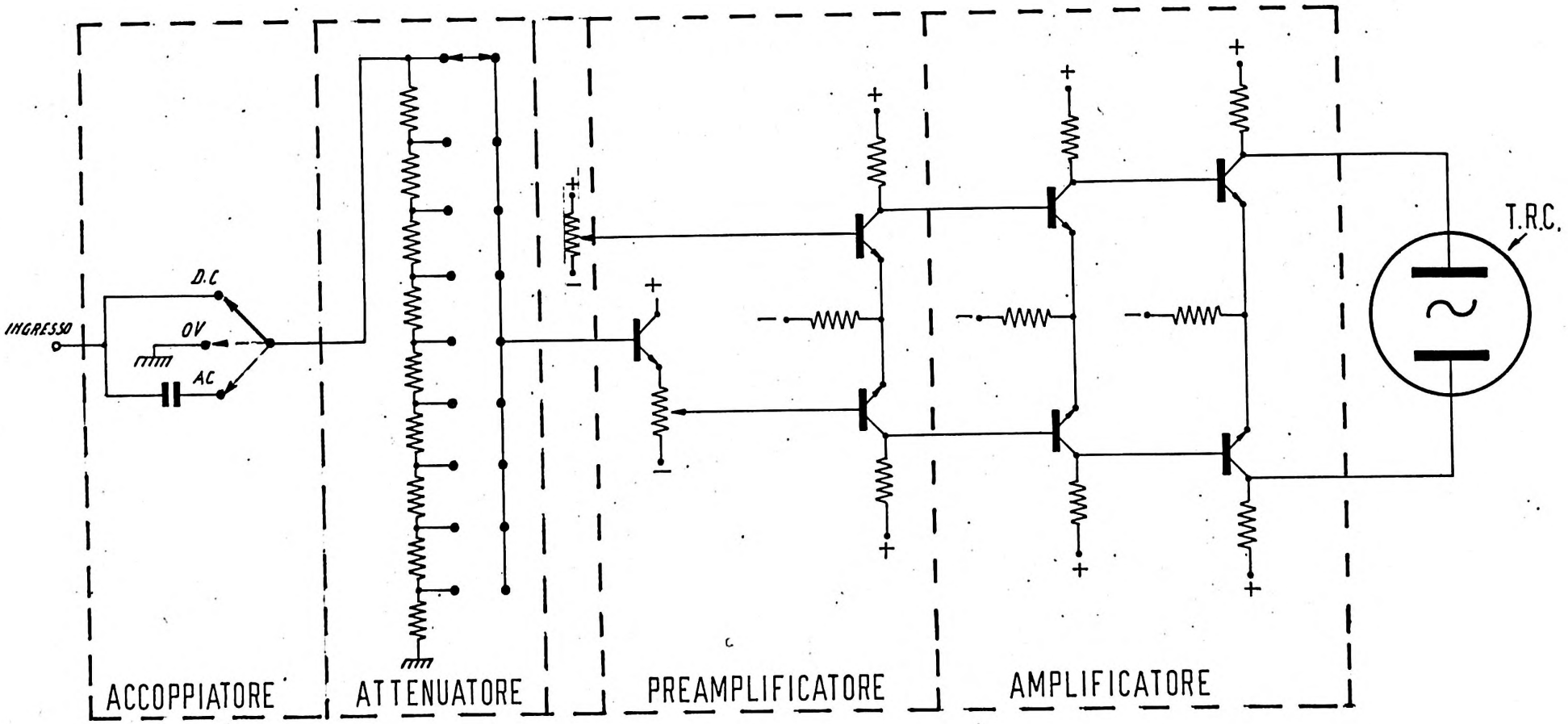


Fig. 4.4.1 Schema elettrico semplificato dei circuiti relativi all'asse Y.

Usando la posizione 2 Volt/div. si otterrebbe una traccia di 10 divisioni verticali, mentre se ne dispone solo di 6, al contrario usando la posizione 10 V/div. si otterrebbe una traccia di sole 2 divisioni verticali, evidentemente meno dettagliata di quella del caso di 4 div. verticali. In conclusione, si deve scegliere la sensibilità massima che permette l'osservazione del l'oscillogramma in modo integrale entro le suddivisioni verticali del reticolo.

4.5. ACCOPPIATORE DI INGRESSO

Il circuito accoppiatore di ingresso si utilizza quando é necessario osservare piccole tensioni variabili sovrapposte a grandi valori di tensione continua.

Se si inviano alle placche di deflessione sia le tensioni continue che le variabili, per contenere l'immagine nel reticolo bisogna posizionare il commutatore che seleziona la sensibilità dello strumento (VOLT/div.) su posizioni convenienti al grande valore della componente continua. Si ha così che la tensione variabile assume spostamenti verticali molto piccoli.

Si voglia osservare l'andamento del residuo alternato (ripple) presente all'uscita di un raddrizzatore filtrato.

Si supponga che tale residuo abbia il valore di 0,5 picco a picco e che la tensione continua abbia il valore di 9,8 V (Fig. 4.5.1).

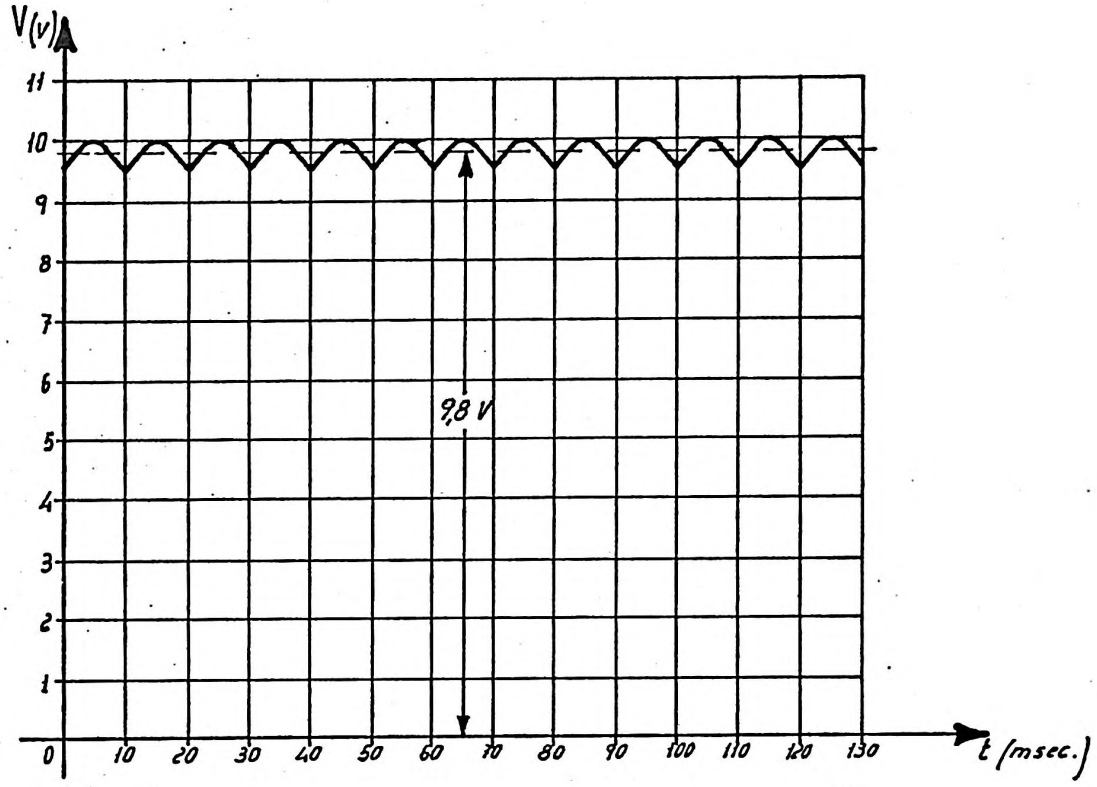


Fig. 4.5.1 Tensione continua con un piccolo valore di tensione variabile.

Se si invia alle placche di deflessione sia la componente continua che la componente alternata si potrà usare la sensibilità massima di 5 V/div. e sullo schermo si otterrà l'oscillogramma indicato in Fig. 4.5.2.

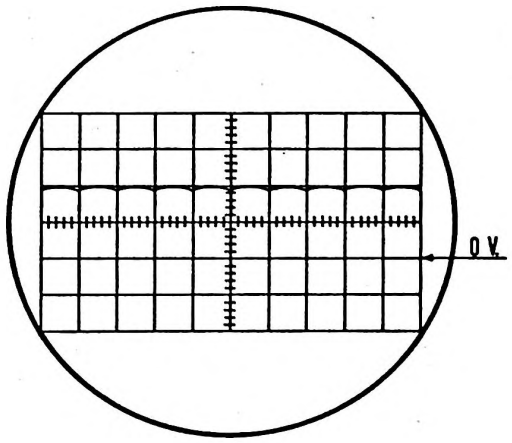


Fig. 4.5.2 Osservazione contemporanea del valore continuo e variabile del segnale.

Come si può notare dall'oscillogramma non si ha una visione sufficientemente dettagliata dell'andamento del residuo alternato.

Se si potesse trascurare la componente continua si potrebbe tenere la sensibilità di 0,1 V/div. per - ciò si otterrebbe l'oscillogramma indicato in figura 4.5.3.

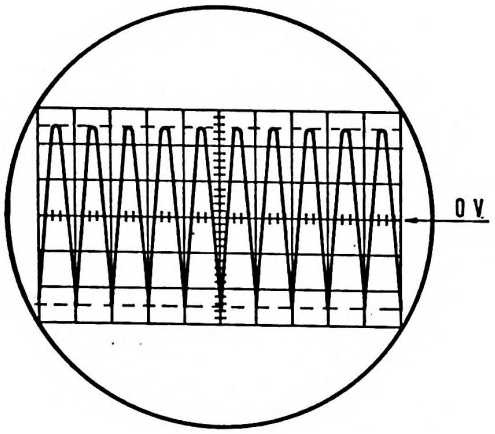


Fig. 4.5.3 Osservazione della sola parte variabile della tensione di Fig. 4.5.1.

In questo caso si può osservare solo l'andamento della componente alternata su tutto lo schermo e si visualizzano così molti più particolari del caso precedente.

Il circuito accoppiatore di ingresso offre la possibilità di inviare o di trascurare all'interno dell'oscilloscopio la componente continua del segnale applicato all'ingresso verticale.

Tale circuito é composto da un deviatore e da un condensatore (Fig. 4.5.4).

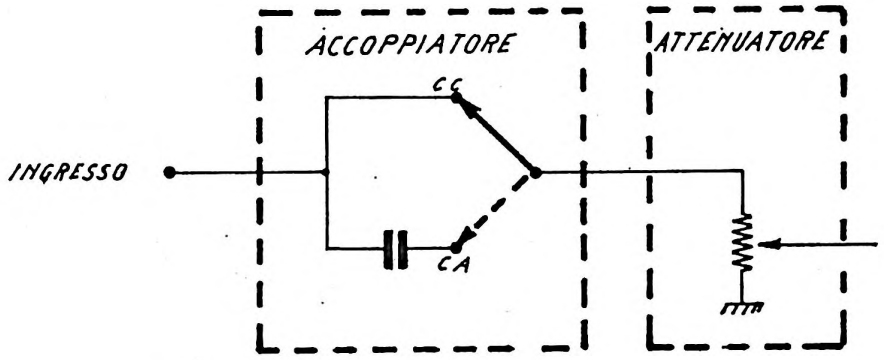


Fig. 4.5.4 Schema elettrico del circuito accoppiatore.

Quando il deviatore si trova nella posizione C.C. l'oscilloscopio riceve sia i segnali continui che alternati.

Quando il deviatore si trova nella posizione C.A. l'oscilloscopio riceve solo i segnali alternati al di sopra di una certa frequenza. Questo accade perché il condensatore, tramite le resistenze dell'attenuatore, si carica del valore della tensione continua applicata in ingresso la quale perciò non arriva sull'attenuatore.

A volte il deviatore del circuito accoppiatore é dotato di una terza posizione, (Fig. 4.5.5) che é utilizzata per portare a massa l'ingresso dei circuiti del l'asse verticale allo scopo di posizionare il livello zero sullo schermo del T.R.C.

In questo caso il circuito accoppiatore assume la seguente configurazione :

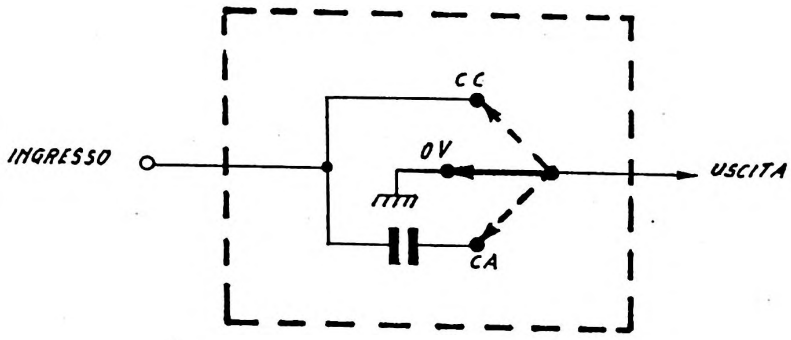


Fig. 4.5.5 Schema elettrico di circuito accoppiatore con posizione 0 V.

DOMANDE

a) Qual'é la funzione del circuito incorporato nello oscilloscopio, che consente di far partire il dente di sega ad un determinato valore del segnale in esame ?

. . . . . .
. . . . . .

b) Qual'é lo scopo di questo circuito ?

. . . . . .
. . . . . .

c) Perché i segnali da visualizzare possono essere attenuati o amplificati ?

. . . . . .
. . . . . .

d) Che cosa si intende per sensibilità di deflessione e qual'é l'unità di misura generalmente usata?

. . . . . .
. . . . . .

e) Qual'é la funzione dell' "Accoppiatore di ingresso" ?

. . . . . .
. . . . . .

f) Come viene ottenuto sullo schermo lo spostamento in senso verticale del segnale in osservazione ?

. . . . . .
. . . . . .

RISPOSTE

a) Consiste in un comparatore, il quale, confronta il valore istantaneo del segnale di sincronismo con un valore fisso stabilito manualmente.
Quando si raggiunge l'uguaglianza il circuito fornisce, in uscita, l'impulso di partenza del dente di sega.

b) E' quello di far in modo che il segnale in esame sganci il dente di sega allo stesso livello, ciò fa risultare stabile l'immagine sullo schermo.

c) Per dare la possibilità al l'oscilloscopio di poter visualizzare apprezzabilmente una larga gamma di segnali : se il segnale da osservare é ampio lo si riduce con l'attenuatore, se é piccolo lo si amplifica con l'amplificatore.

d) Si intende quel valore minimo del segnale di ingresso da dare alle placchette di deflessione affinché si possa spostare la traccia di 1 cm o di una divisione del reticolo. L'unità di misura é il Volt/cm o Volt/div.

e) Permette di separare o meno la componente continua (se esiste) dall a componente alternata del segnale in esame.

f) Agendo sul potenziometro "Posizione verticale" comandabile dall'esterno, il quale aggiunge una componente continua al potenziale che alimenta le placchette verticali.

LEZIONE 5

Tempo di studio
1 ora

5. CIRCUITI RELATIVI ALL'ASSE X

5.1. ELENCO CIRCUITI

Dallo schema a blocchi di Fig. 4.1.1 si può constatare che i circuiti relativi all'asse X sono costituiti da :

- un amplificatore
- un generatore di denti di sega
- un comparatore
- un accoppiatore di ingresso.

5.2. CIRCUITO AMPLIFICATORE

Come per l'asse verticale anche per quello orizzontale i segnali vengono applicati alle placchette di deflessione mediante un apposito amplificatore.

Anche per l'asse orizzontale viene usato un amplificatore differenziale che, oltre a fornire alle placchette orizzontali le tensioni bilanciate, permette l'inserzione di una tensione regolabile manualmente che consente lo spostamento della traccia in senso orizzontale. Tale amplificatore risulta analogo a quello visto per l'asse verticale, con un numero di stadi inferiore (Fig. 5.2.1).

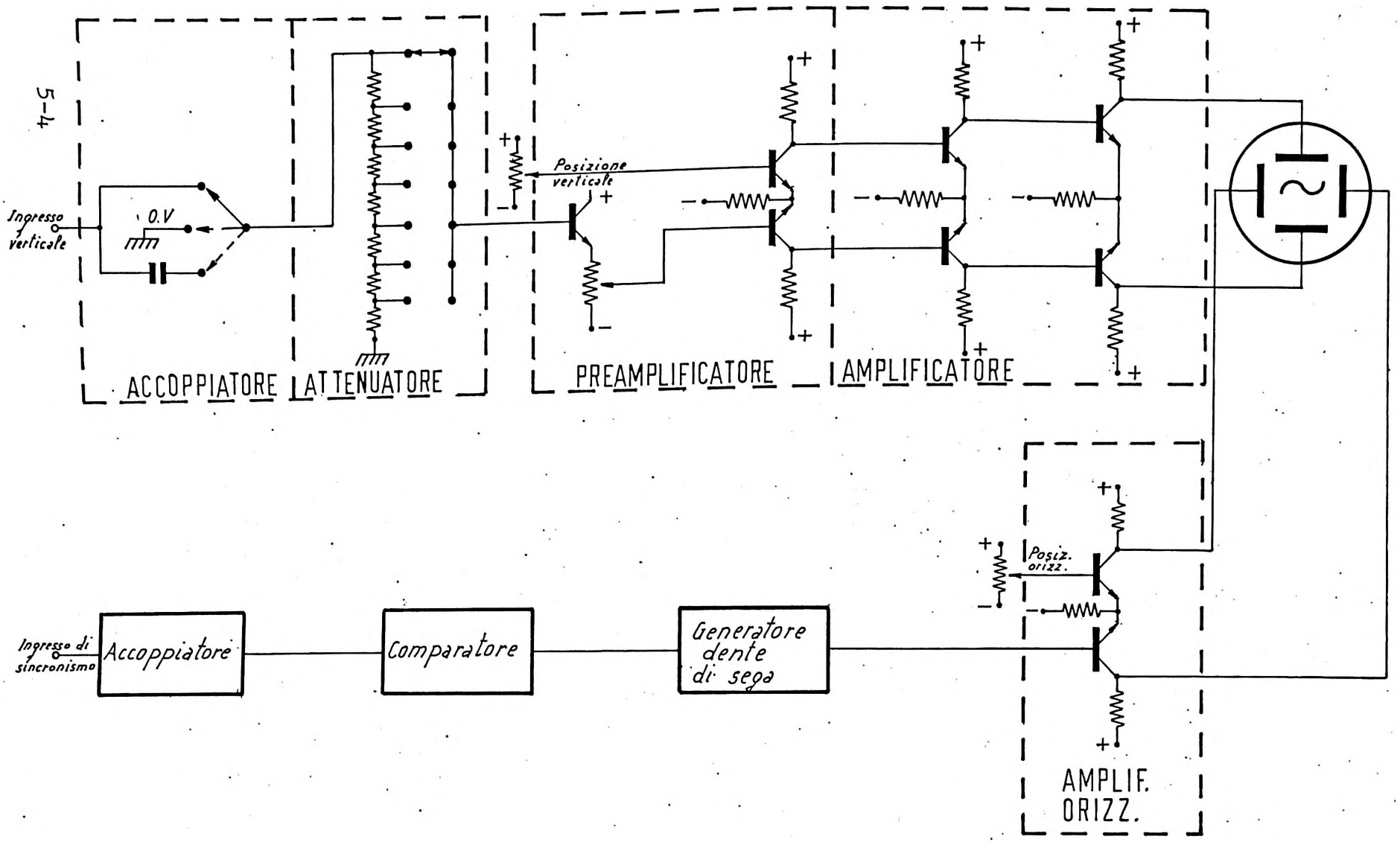


Fig. 5.2.1 Circuito semplificato dell'amplificatore orizzontale.

5.3. GENERATORE DEL DENTE DI SEGA

Il circuito generatore di tensioni a dente di sega, nella sua forma più semplice, si può considerare costituito come indicato in Fig. 5.3.1.

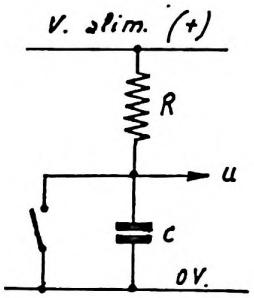


Fig. 5.3.1 Circuito generatore di tensioni a dente di sega.

Se l'interruttore é chiuso, l'uscita U si trova a 0V; quando l'interruttore viene aperto la resistenza R carica il condensatore C in un dato tempo, e la tensione ai capi del condensatore assume l'andamento indicato in Fig. 5.3.2.

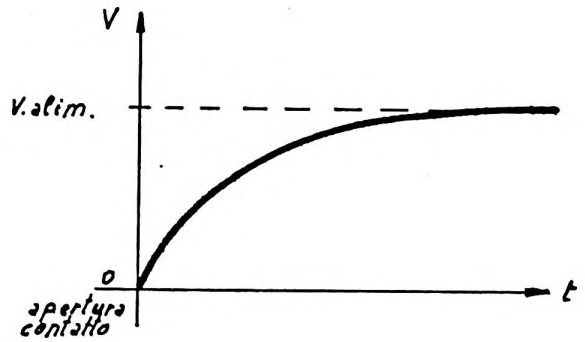


Fig. 5.3.2 Andamento della tensione di carica di C.

Se ad un certo punto l'interruttore si richiude, la forma della tensione si modifica come mostrato in figura 5.3.3 dato che il condensatore viene cortocircuitato a massa.

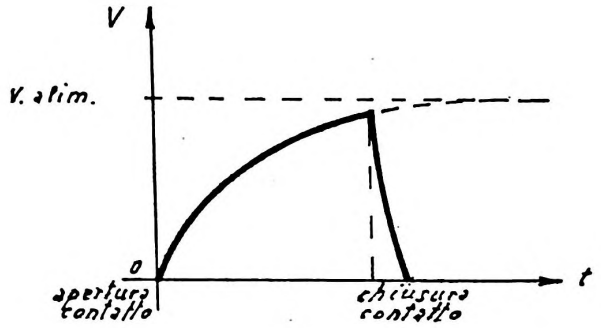


Fig. 5.3.3 Andamento della tensione di carica e di scarica di C (dente di sega).

Come si può notare, dalle Figg. 5.3.2 e 5.3.3 la tensione ai capi del condensatore aumenta con legge esponenziale (Fig. 5.3.4) anziché con legge lineare, come servirebbe per generare l'asse dei tempi di un oscilloscopio.

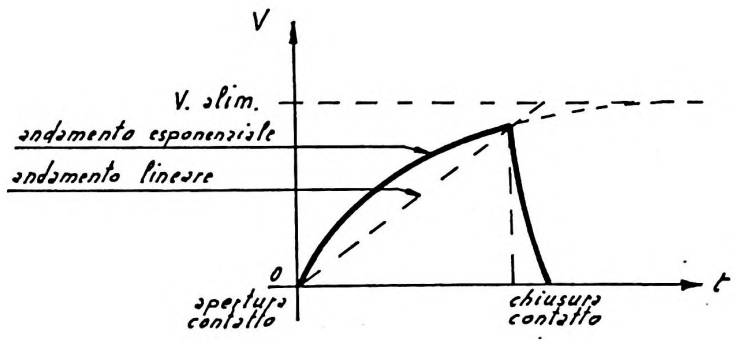


Fig. 5.3.4 Andamento esponenziale oppure lineare di un dente di sega.

Ciò si verifica perché la corrente di carica del condensatore diminuisce man mano che la tensione ai capi di C stesso aumenta.

Per far si che la tensione ai capi del condensatore aumenti con legge lineare, occorre che il condensatore stesso venga caricato a corrente costante (figura 5.3.5).

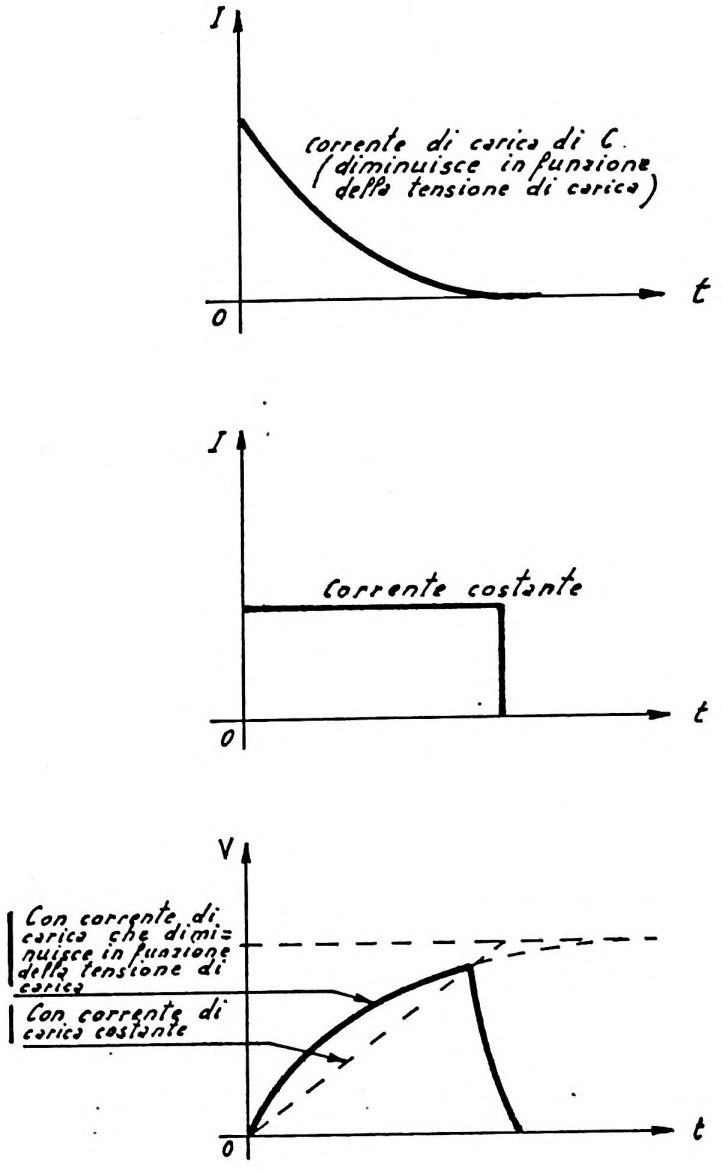


Fig. 5.3.5 Andamento della tensione di carica C a seconda dell'andamento della corrente di carica.

Allo scopo di rendere costante la corrente di carica del condensatore si può sostituire la resistenza di carica dello stesso C, con un circuito come quello indicato in Fig. 5.3.6.

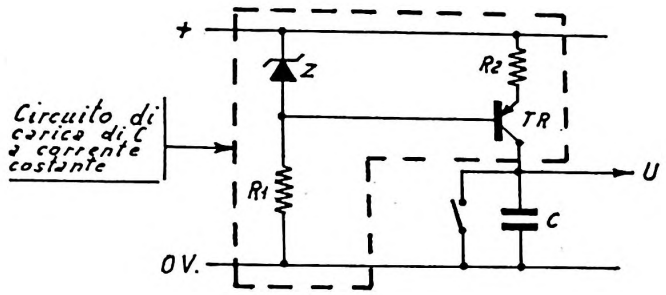


Fig. 5.3.6 Circuito generatore della corrente costante di carica di C.

In questo circuito la resistenza R1 ed il diodo zener Z stabiliscono un valore costante della tensione sulla base di TR.

Il valore della resistenza R2 impone un certo valore anche alla Ib e alla Ic. Tali valori di corrente restano costanti al variare della tensione Vc. Ciò é possibile date le caratteristiche tipiche di collettore di un transistore che lavora in regime lineare (Fig. 5.3.7).

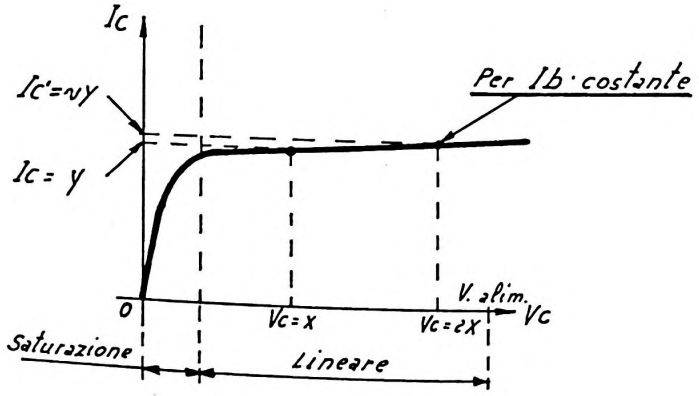


Fig. 5.3.7 Corrente di collettore di TR in funzione della tensione di collettore.

Dalla Fig. 5.3.7 si può notare che con una certa Ib costante la corrente Ic varia pochissimo al variare della tensione Vc purché la Vc stessa sia superiore ad un valore minimo.

In questo caso la tensione del dente di sega ai capi di C assume l'andamento richiesto ed indicato in Fig. 5.3.8.

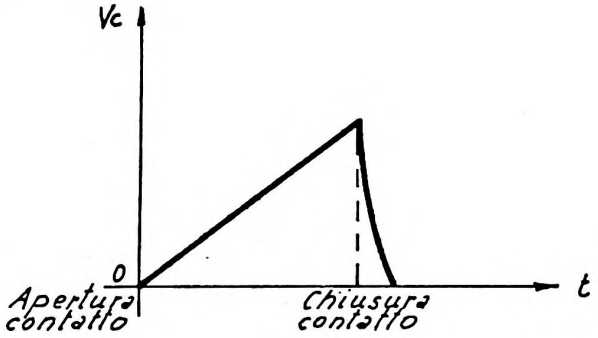


Fig. 5.3.8 Dente di sega ottenuto con corrente di carica costante.

Per variare l'inclinazione del fronte di salita del dente di sega, basta cambiare o la capacità del condensatore, oppure la resistenza di carica del condensatore stesso.

In pratica, si cambiano con un commutatore a scatti i valori del condensatore per ottenere determinati valori di inclinazione del dente di sega, mentre si agisce sulla resistenza di carica della capacità per ottenere le diverse inclinazioni fra uno scatto ed il successivo.

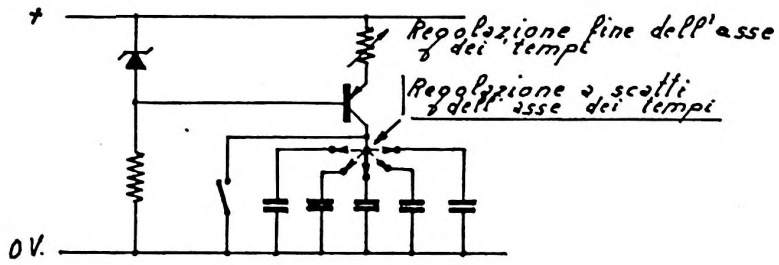


Fig. 5.3.9 Circuito semplificato di un generatore di denti di sega dotati di fronti di salita inclinati diversamente. Ciò comporta una diversa velocità di spostamento orizzontale del pennello elettronico.

Si é visto negli esempi precedenti che occorre un interruttore per determinare, con la sua apertura, l'inizio della generazione di un dente di sega, e con la sua chiusura la fine. In pratica tale interruttore é costituito da un circuito elettronico capace di venire comandato da dei segnali di sincronismo.

Il circuito elettronico che realizza la funzione di interruttore é un flip-flop, il quale viene collegato nel modo indicato in Fig. 5.3.10.

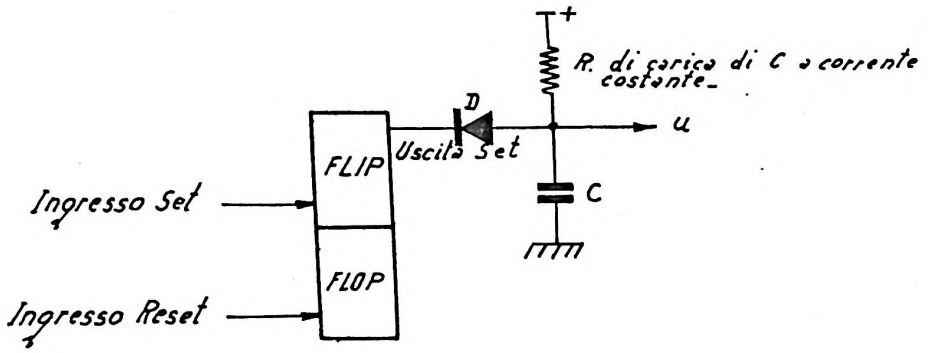


Fig. 5.3.10 Circuito di comando del generatore di denti di sega.

Tale circuito funziona nel seguente modo :

- inviando un impulso positivo all'ingresso set, si porta immediatamente ad un livello alto la rispettiva uscita e la punta del diodo. Quest'ultimo viene polarizzato in senso bloccante dato che la tensione di carica di C cresce lentamente nel tempo con legge lineare. All'uscita U del circuito é presente il fronte di salita del dente di sega. (Fig. 5.3.11)
- inviando un impulso positivo all'ingresso reset si porta immediatamente ad un livello basso l'uscita set e la punta del diodo. Quest'ultimo scarica con la propria resistenza diretta il condensatore, originando il fronte di discesa del dente di sega. (Fig. 5.3.11)

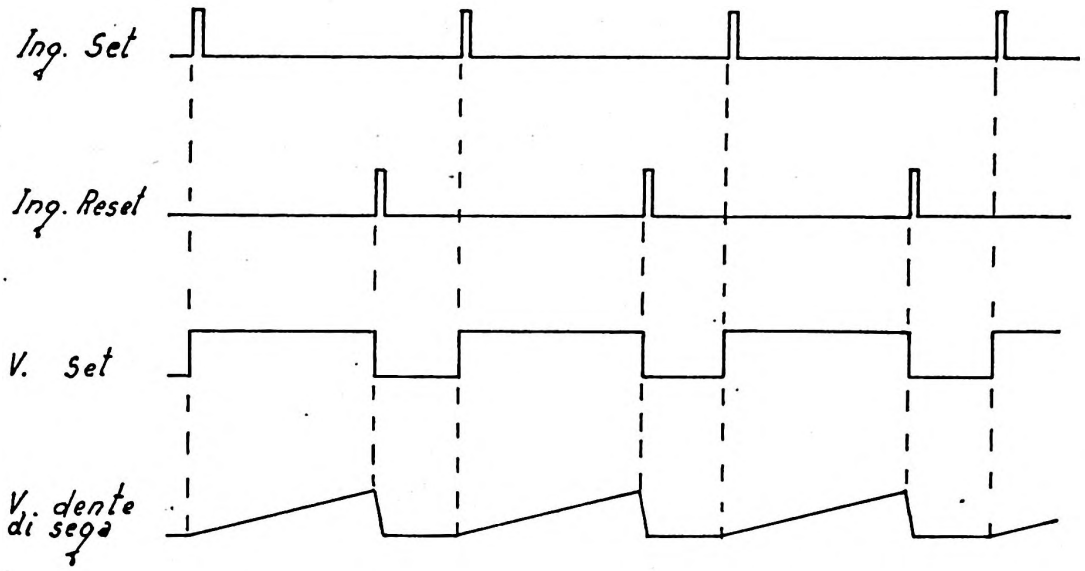


Fig. 5.3.11 Segnali in ingresso e corrispondenti in uscita del flip-flop e del generatore di denti di sega.

L'impulso di reset occorre inviarlo solo quando l'ampiezza della tensione del dente di sega ha raggiunto un dato valore. Tale valore corrisponde alla deflessione del pennello elettronico su tutto lo schermo del T.R.C. e pertanto il circuito precedente viene modificato come in Fig. 5.3.12.

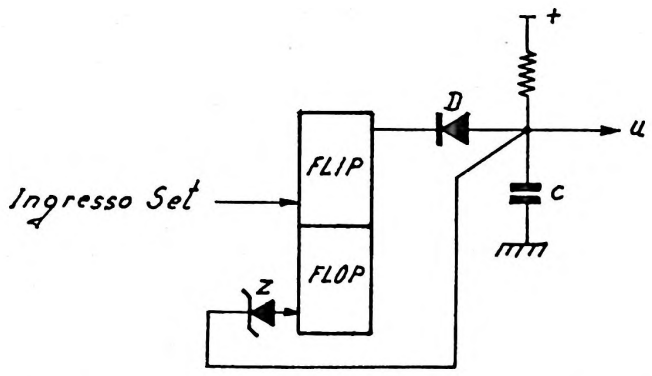


Fig. 5.3.12 Reset automatico del flip-flop di comando del generatore di denti di sega.

In questo modo il flip-flop si resetta automaticamente quando il valore della tensione del dente di sega ha raggiunto il valore della tensione di zener del diodo Z.

Il diagramma di Fig. 5.3.11 si modifica a sua volta nel modo indicato in Fig. 5.3.13.

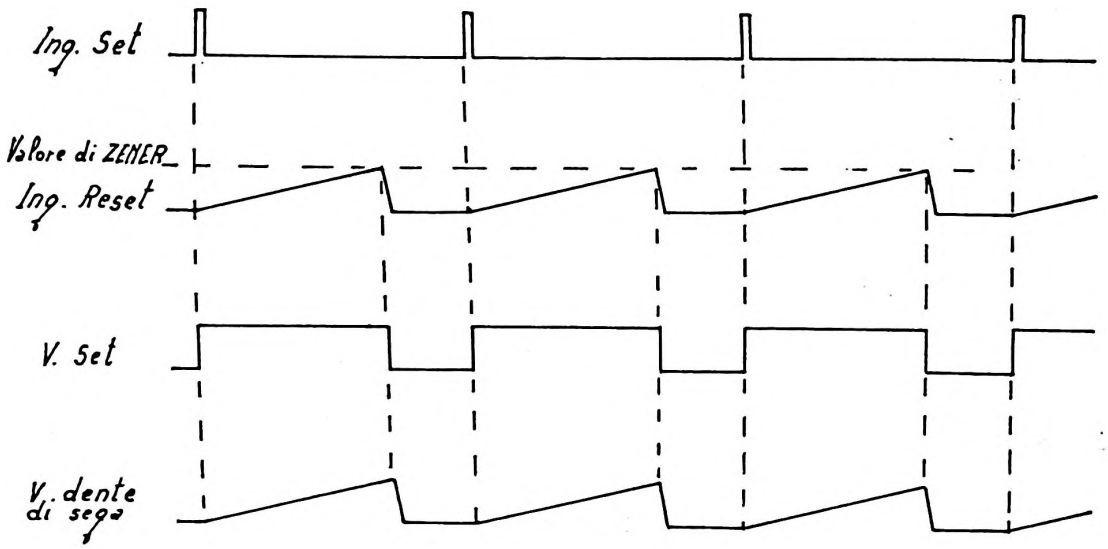


Fig. 5.3.13 Segnali in ingresso e corrispondenti in uscita del flip-flop e del generatore di denti di sega.

In questo caso viene richiesto dal circuito di comando del dente di sega il solo segnale che determina l'avvio del dente di sega stesso.

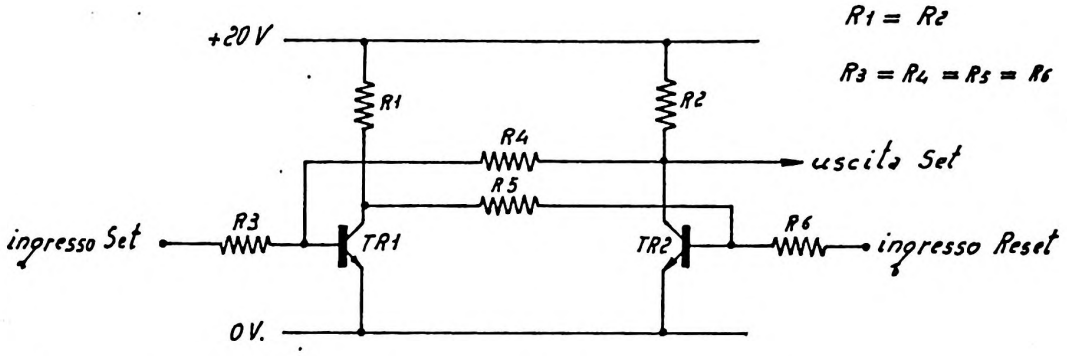


Fig. 5.3.14 Circuito elettrico semplificato del flip-flop.

Si passa ora a considerare il circuito di un flip-flop. Esso potrebbe essere quello rappresentato un Fig. 5.3.14.

Inviando un impulso positivo all'ingresso set, si porta in conduzione TR1 il quale provoca il bloccaggio di TR2 portando l'uscita set alta.

Il bloccaggio di TR2 mantiene in conduzione TR1 anche dopo la fine dell'impulso d'ingresso.

Inviando dopo il primo altri impulsi positivi all'ingresso set, non si produce alcun effetto poiché questi ultimi non vengono "sentiti" dato che il transistore TR2 é già in conduzione.

Inviando invece un impulso positivo all' ingresso reset si porta in conduzione TR2 il quale provoca il bloccaggio di TR1.

Il bloccaggio di TR1 mantiene in conduzione TR2 anche dopo la fine dell'impulso d'ingresso.

La conduzione di TR2 porta a zero l'uscita set. Inviando dopo il primo altri impulsi positivi all'ingresso reset non si genera alcun effetto poiché questi ultimi non vengono "sentiti" dato che il transistore TR2 é già in conduzione.

In Fig. 5.3.15 viene riportato lo schema completo dei circuiti a dente di sega.

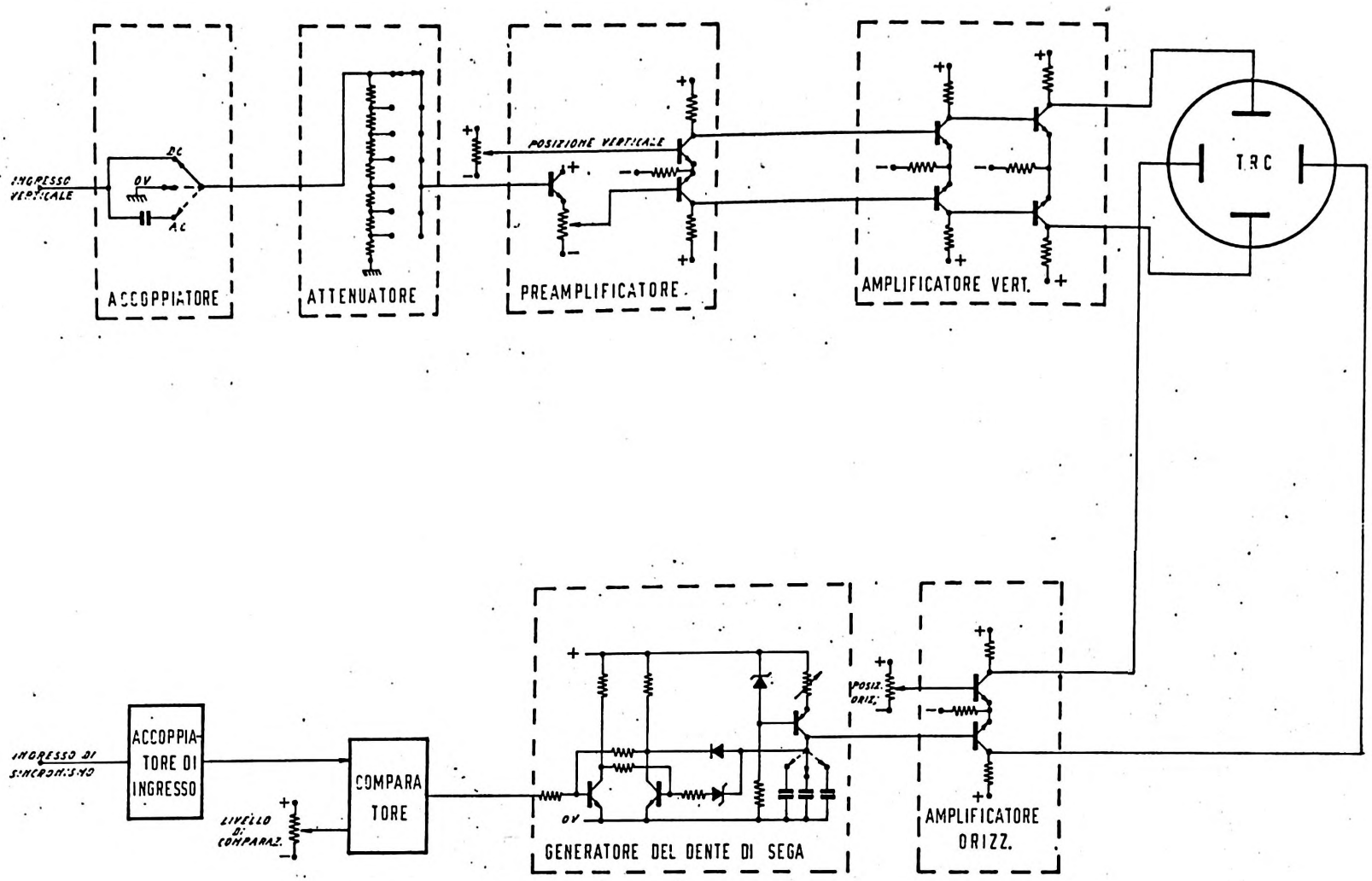


Fig. 5.3.15 Schema semplificato del generatore di denti di sega e del flip-flop di comando.

5.4. COMPARATORE

Il circuito comparatore confronta i segnali applicati al suo ingresso con un valore costante prefissato manualmente.

Quando il valore istantaneo del segnale di ingresso raggiunge quello prefissato, il circuito dà in uscita degli impulsi : positivi se il segnale in ingresso stava aumentando di valore; negativi se il segnale in ingresso stava diminuendo di valore (Fig. 5.4.1).

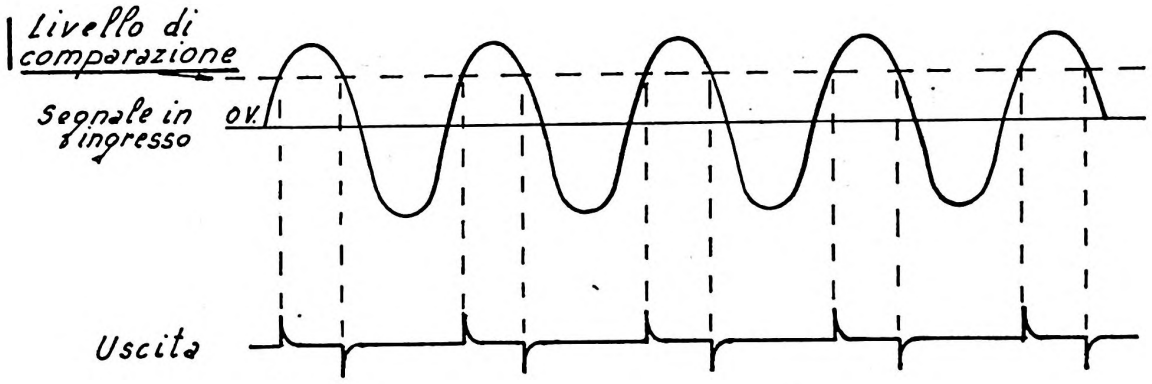


Fig. 5.4.1 Segnali in ingresso e corrispondenti in uscita del circuito comparatore.

Per ottenere il risultato indicato in Fig. 5.4.1 si procede nel seguente modo :

- si amplifica il segnale in modo notevole (Fig.5.4.2b)
- si limita ad un certo valore l'ampiezza massima del segnale amplificato (Fig. 5.4.2c)
- si derivano tramite una RC di piccolo valore i segnali amplificati e limitati (Fig.5.4.2d).

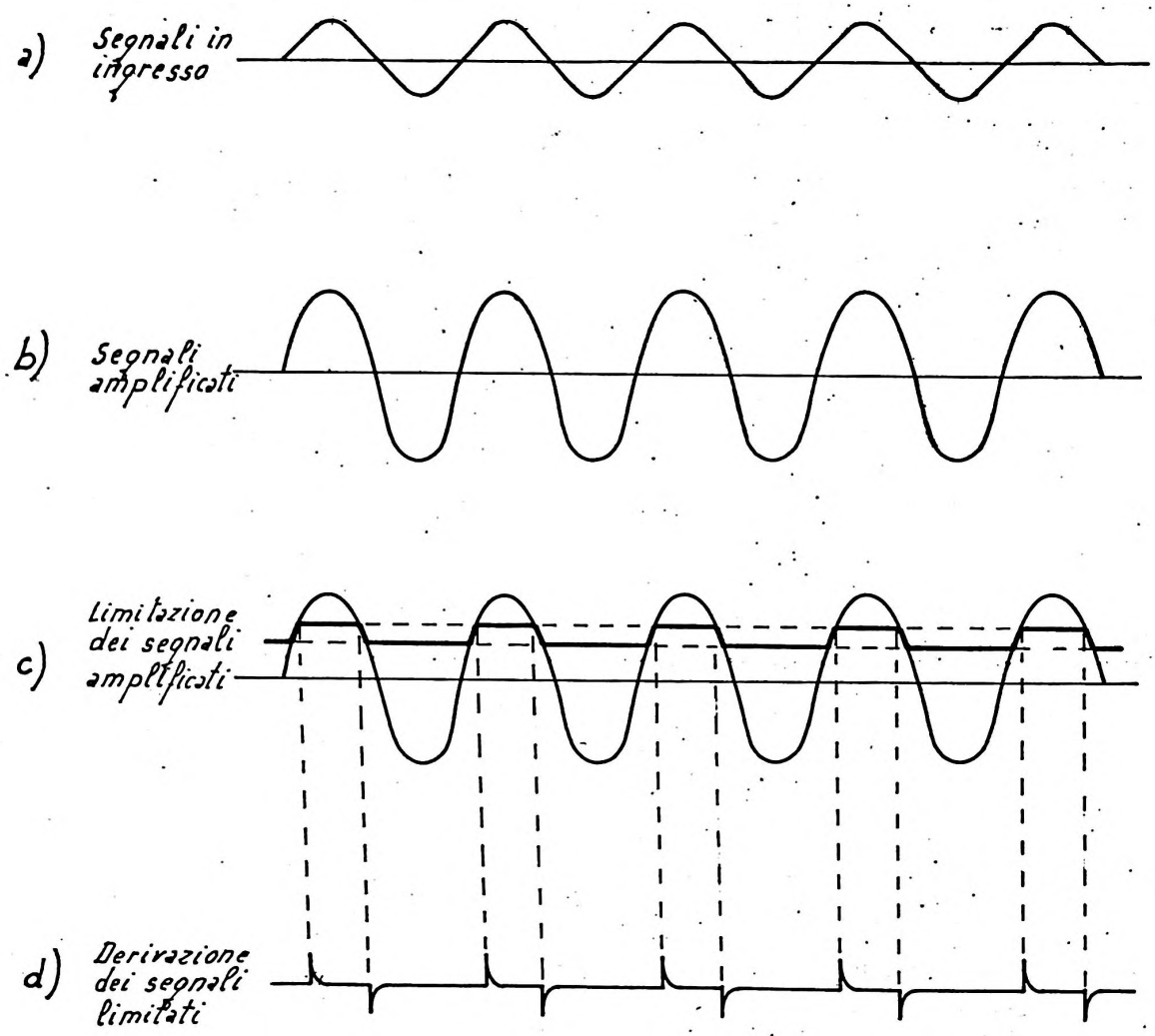


Fig. 5.4.2 Segnali intermedi per ottenere il il segnale di uscita.

I circuiti che realizzano i risultati richiesti posso no essere i seguenti :

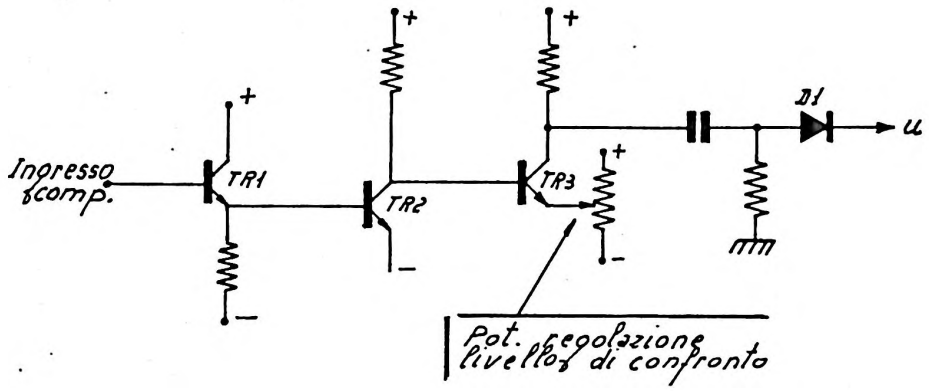


Fig. 5.4.3 Schema elettrico semplificato del circuito comparatore.

Il segnale viene applicato al transistore amplifica tore TR2 tramite un adattatore di impedenza, costitui to da TR1 montato ad emitter follower. Il segnale am plificato, uscente dal collettore di TR2, viene applica to all'ingresso di un circuito amplificatore costituito da TR3. L'altro ingresso del circuito comparatore é co stituito dall'emitter di TR3 stesso il quale riceve la tensione continua fornita dal potenziometro di regola - zione del livello (Fig. 5.4.3).

Dato che i segnali forniti dal transistor TR2 so- no di notevole ampiezza, accade che, se il valore i- stantaneo della tensione applicata sulla base di TR3 é più basso di quello applicato sull'emettitore, TR3 ri sulta bloccato; al contrario se il valore istantaneo del la tensione applicata sulla base di TR3 é più alto di quello applicato all'emettitore TR3 risulta saturato.

Il transistore TR3 passa dalla saturazione al bloccaggio e viceversa quando le variazioni del segnale passano per valori vicini a quelli forniti dal potenziometro di regolazione della tensione di emettitore. Dando un valore diverso alla tensione fornita da questo potenziometro, si fa avvenire la commutazione del transistore per valori diversi del segnale di ingresso.

In Fig. 5.4.4 viene riportato un diagramma di funzionamento del circuito comparatore.

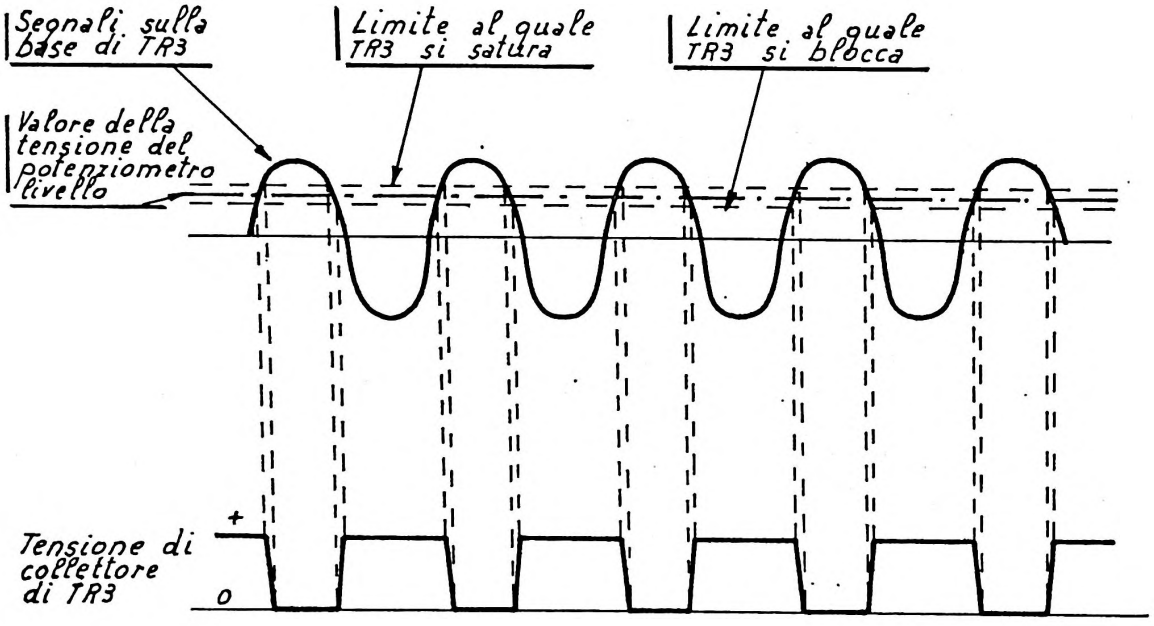


Fig. 5.4.4 Segnali sulla base e corrispondenti sul collettore del transistore TR3.

Il segnale ad onda quadra, viene poi inviato in un circuito derivatore, costituito da un condensatore ed una resistenza. La costante di tempo RC di tale circuito é molto piccola, così il condensatore si carica in un tempo brevissimo, lasciando passare degli impulsi di piccolissima durata in coincidenza dei fronti del segnale da derivare (Fig. 5.4.5).

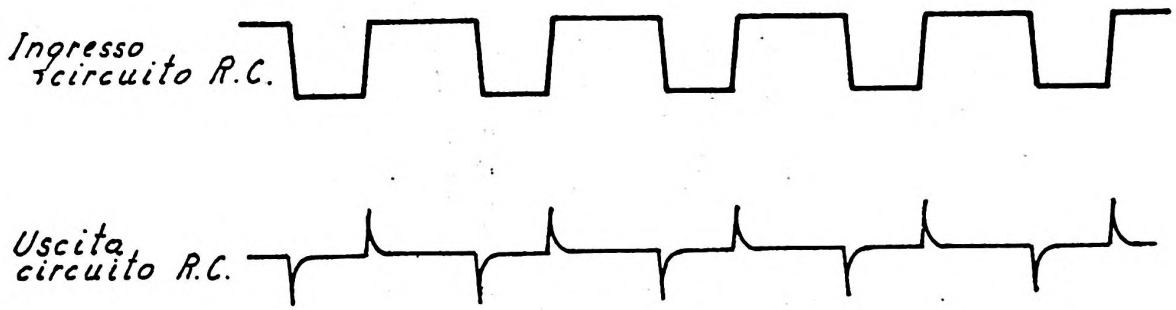


Fig. 5.4.5 Segnali in ingresso corrispondenti in uscita del circuito derivatore.

Gli impulsi positivi che escono dal circuito derivatore vengono utilizzati per comandare il flip-flop che determina l'inizio dei denti di sega e, dato che tale flip-flop potrebbe venir disturbato nel suo funzionamento degli impulsi negativi, tali impulsi vengono soppressi inserendo un diodo in serie all'uscita del circuito comparatore (Fig. 5.4.6).

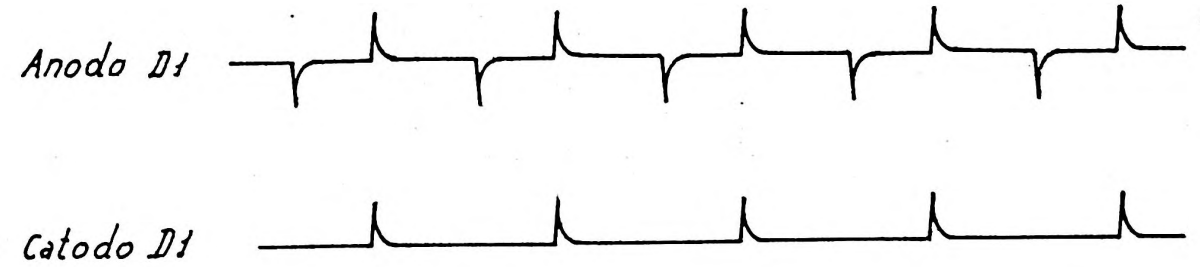


Fig. 5.4.6 Segnali sull'anodo e corrispondenti sul catodo del diodo D1.

Il comparatore di livello permette di ottenere i seguenti risultati :

- sgancia i denti di sega e quindi permette di iniziare l'osservazione di un segnale sempre da un certo livello prefissato. In questo modo se il segnale da osservare é ricorrente e viene inviato anche all'ingresso di sincronismo del dente di sega, si può verificare il caso riportato in Fig. 5.4.7.

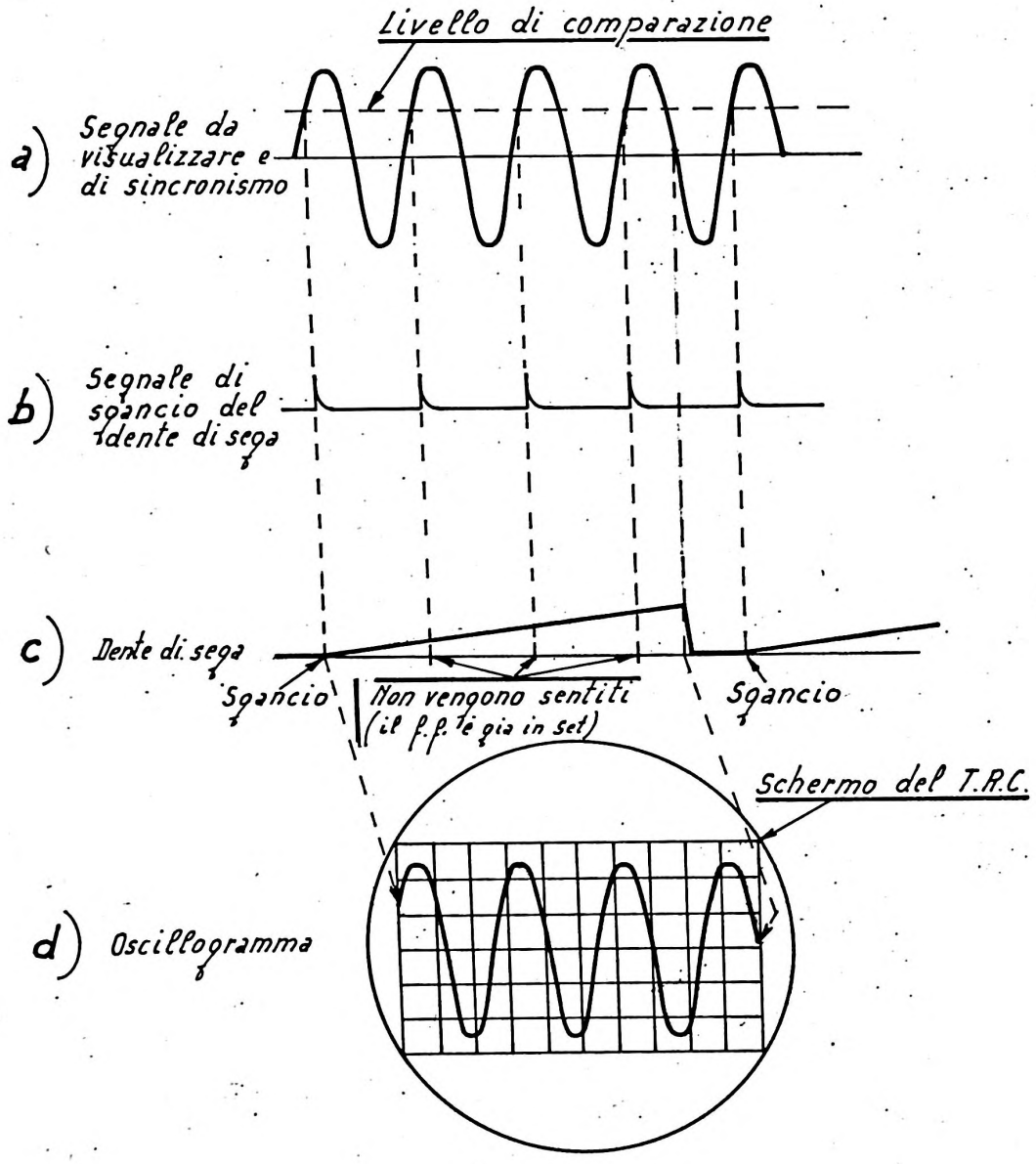


Fig. 5.4.7 Formazione di un oscillogramma sganciando i denti di sega ad un certo livello del segnale di sincronismo.

- si può variare manualmente il livello di sgancio del dente di sega e quindi si può iniziare l'osservazione del segnale da un punto qualsiasi del suo fronte di salita (Fig. 5.4.8).

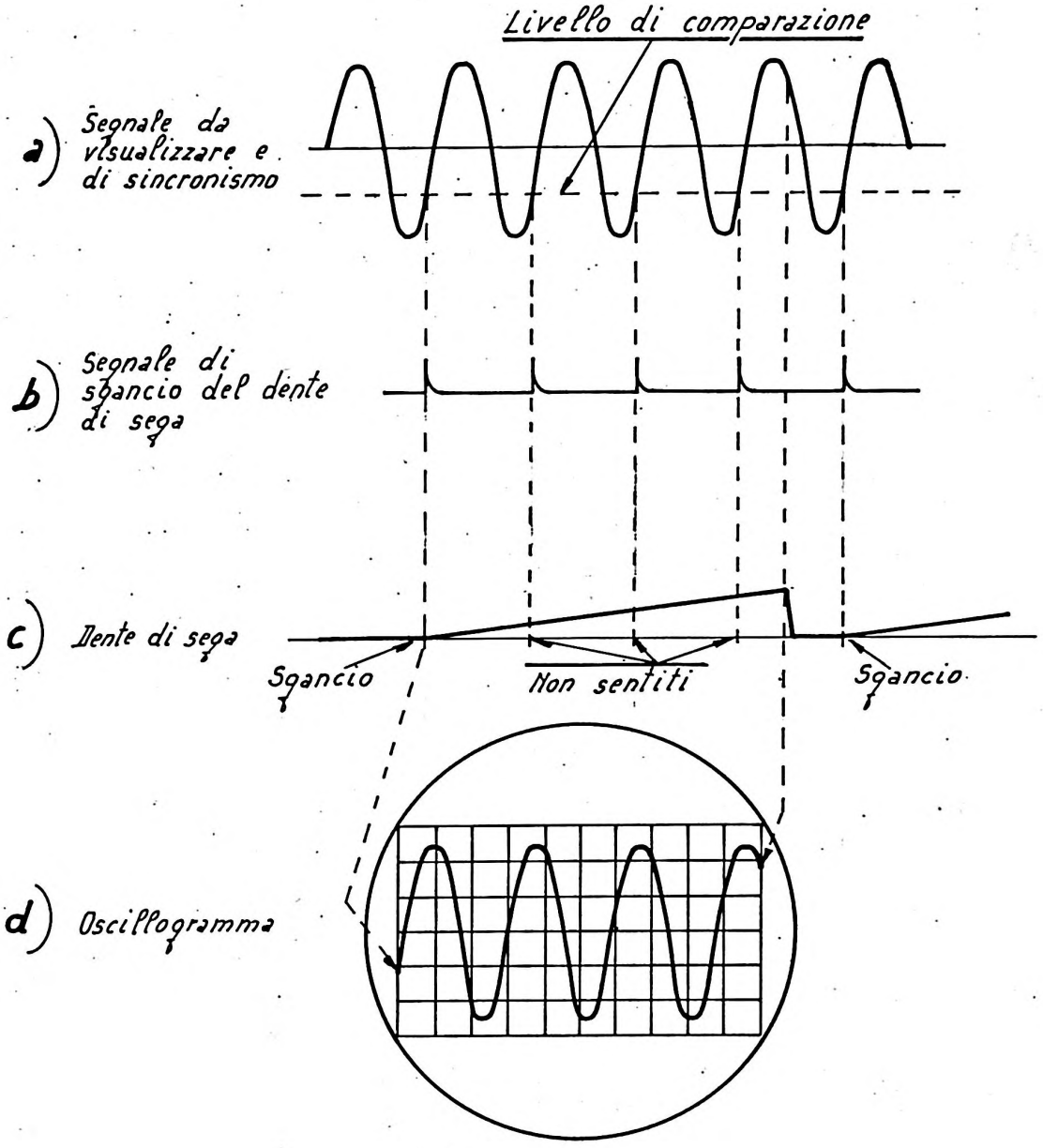


Fig. 5.4.8 Oscillogramma analogo a quello di figura 5.4.7, ma con inizio da un valore diverso del fronte di salita.

Nel caso in cui si volesse far iniziare il dente di sega da un punto che si trova sul fronte di discesa , occorrerebbe modificare il circuito di Fig. 5.4.3 come indicato in Fig. 5.4.9 in modo da poter utilizzare anche gli impulsi negativi uscenti dal derivatore.

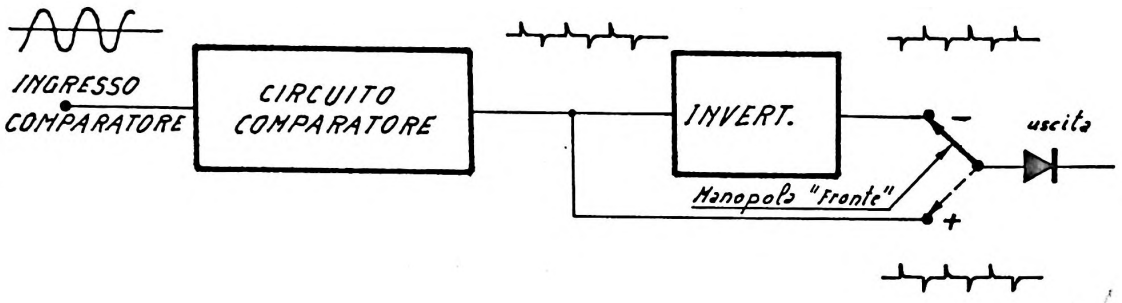


Fig. 5.4.9 Utilizzazione dei segnali di comparazione che si verificano sui fronti di salita o di discesa.

Mediante l'aggiunta ai circuiti precedenti di un circuito invertitore e di un deviatore si può sganciare il dente di sega in un punto qualsiasi del livello del segnale di sincronismo.

Il deviatore che utilizza il fronte di salita o di discesa del segnale di sincronismo viene comandato da una manopola, posta sul pannello frontale dell'oscilloscopio, denominata "Fronte". La posizione che seleziona il fronte di salita viene indicata "+" mentre la posizione che seleziona il fronte di discesa viene indicata "-".

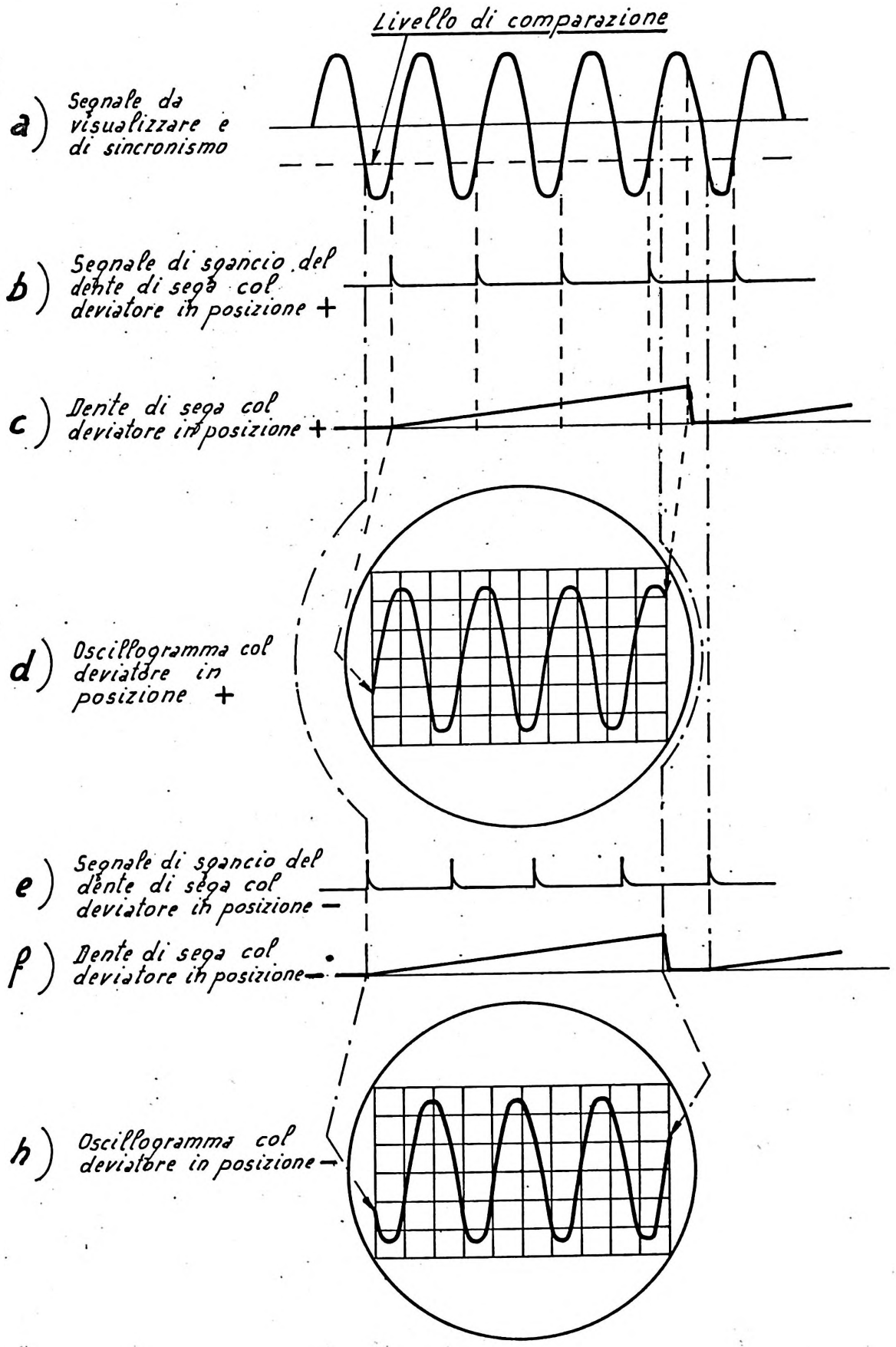


Fig. 5.4.10 Differenza fra oscillogrammi a seconda che si sgancia il dente di sega sul fronte di salita (+) o sul fronte di discesa (-) del segnale di sin - cronismo.

Il circuito che realizza lo schema a blocchi di Fig. 5.4.9 può essere quello riportato in Fig.5.4.11.

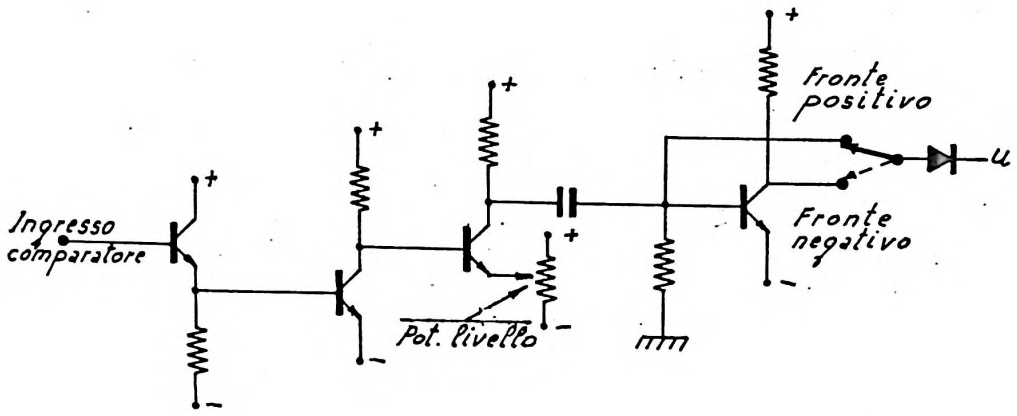


Fig. 5.4.11 Circuito semplificato di un comparatore completo.

A conclusione dell'argomento si fa notare che se si posiziona il potenziometro "livello" ad un valore superiore od inferiore al livello massimo del segnale disponibile, non si generano i segnali di sgancio del dente di sega.

5.5. ACCOPPIATORE DI INGRESSO

Come per l'accoppiatore di ingresso del canale verticale, l'accoppiatore d'ingresso del segnale di sincronismo viene utilizzato per inviare, o per escludere la eventuale componente continua che un segnale può possedere.

Lo schema del circuito accoppiatore é riportato in Fig. 5.5.1.

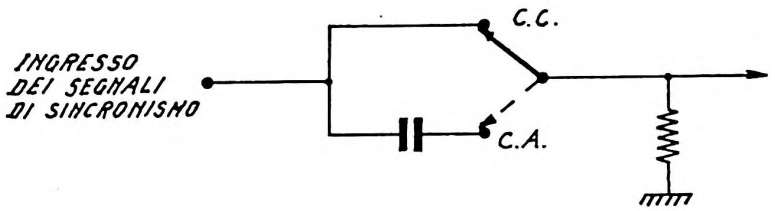


Fig. 5.5.1 Schema elettrico del circuito accoppiatore.

In generale, per sganciare dei denti di sega, occorrono delle variazioni di tensione all'ingresso di sincronismo quindi la componente continua non serve.

Tuttavia, quando le variazioni di tensione si verificano ad una frequenza molto bassa ci si accoppia in corrente continua per evitare che la capacità di ingresso dia luogo ad una caduta di tensione troppo elevata che rende il circuito di comando del dente di sega poco sensibile.

DOMANDE

a) Qual'é il principio di funzionamento sul quale si basa il generatore del dente di sega ?

.....
.....

b) Come si ottiene il fronte di salita del dente di sega ad andamento lineare anziché ad andamento esponenziale ?

.....
.....

c) Come é realizzato l'organo che, determina la formazione del dente di sega ?

.....
.....

d) Come é comandato l'organo che determina la formazione del dente di sega ?

.....
.....

e) Come viene fatta variare a scatti e in modo fine la durata dell'impulso a dente di sega ?

.....
.....

f) Come viene ottenuto sullo schermo lo spostamento in senso orizzontale del segnale in osservazione ?

.....
.....

RISPOSTE

a) E' quello della carica di un condensatore attraverso una resistenza di grande valore e della scarica dello stesso attraverso una resistenza di piccolo valore.

b) Facendo caricare il condensatore con corrente costante.

c) E' realizzato con un flip-flop .
Quando il flip-flop é posto in set si avvia il dente di sega. Quando il dente di sega ha raggiunto un certo valore il flip-flop si rimette automaticamente in reset.

d) Il flip-flop che determina il dente di sega é posto in set dal segnale d'uscita del circuito comparatore. Il reset é ottenuto automaticamente quando il dente di sega ha raggiunto un valore che corrisponde alla massima escursione a destra del pennello elettronico sullo schermo del T.R.C.

e) A scatti variando la capacità che deve essere caricata e in modo fine variando la resistenza di carica del condensatore stesso.

f) Agendo sul potenziometro comandabile dell' esterno "Posiz. Orizzontale" il quale aggiunge una componente continua al segnale a dente di sega che alimenta le placchette orizzontali.

LEZIONE 6

Tempo di studio
30 minuti

6. SEGNALI DI SINCRONISMO

6.1. SEGNALE DI SINCRONISMO DIVERSO DA QUELLO IN OSSERVAZIONE

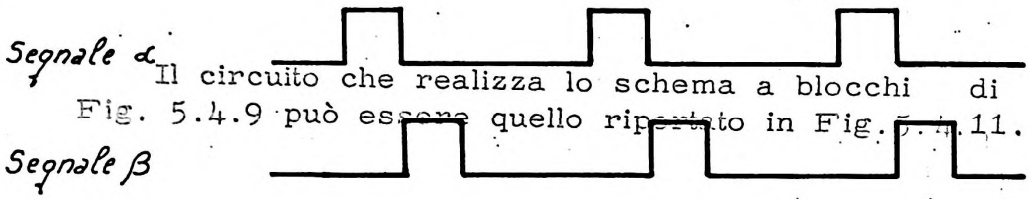
Nella lezione precedente si é considerato come segnale di sincronismo lo stesso segnale da visualizzare.

In pratica non é sempre conveniente utilizzare come segnale di sincronismo il segnale del quale si vuole osservare l'andamento. Ciò può essere fatto solo nel caso in cui si vuole semplicemente visualizzare la forma d'onda di un dato segnale e non occorra stabilire il momento esatto in cui si verifica il segnale stesso in relazione ad altri fenomeni.

Nel caso in cui per esempio sia richiesto di stabilire il tempo che intercorre fra un impulso di un segnale e l'impulso di un altro segnale (Fig. 6.1.1a) é necessario sincronizzare l'oscilloscopio procedendo nel modo seguente :

1° si osserva sincronizzandosi sullo stesso, il primo dei due segnali; in questo caso si deve osservare all'inizio dello schermo il fronte del segnale selezionato che é il medesimo utilizzato per il sincronismo (sgancio dei denti di sega)

2° rimanendo sincronizzati con il primo segnale si passa all'osservazione del secondo. In questo caso si osserverà il secondo segnale spostato lungo l'asse orizzontale di un valore che corrisponde al tempo che intercorre fra un segnale e l'altro.



Il circuito che realizza lo schema a blocchi di Fig. 5.4.9 può essere quello riportato in Fig. 5.4.11.

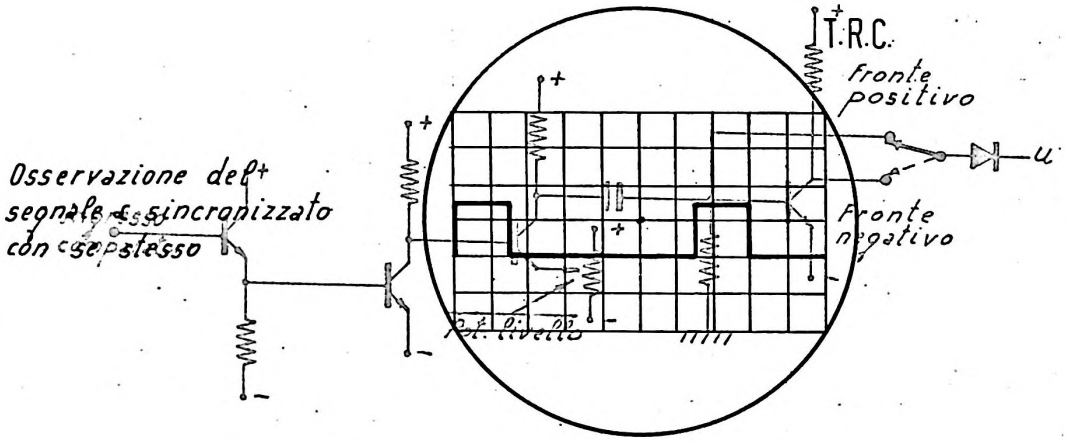
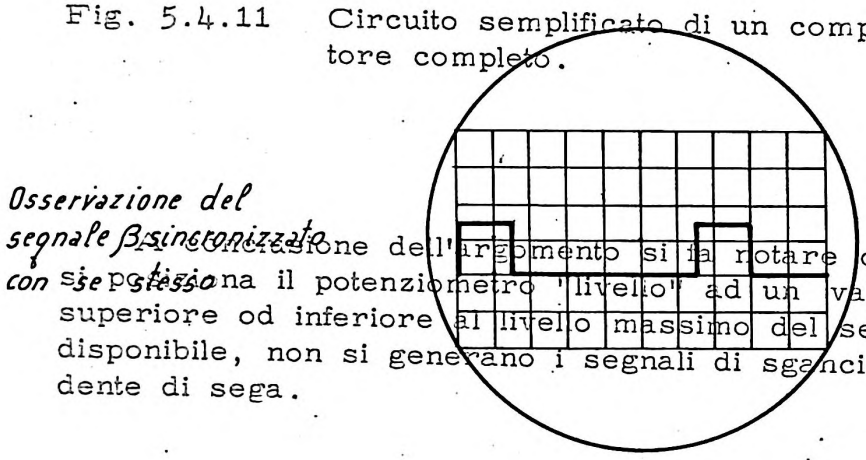


Fig. 5.4.11 Circuito semplificato di un comparatore completo.



A conclusione dell'argomento si fa notare che se si posiziona il potenziometro "livello" ad un valore superiore od inferiore al livello massimo del segnale disponibile, non si generano i segnali di sgancio del dente di sega.

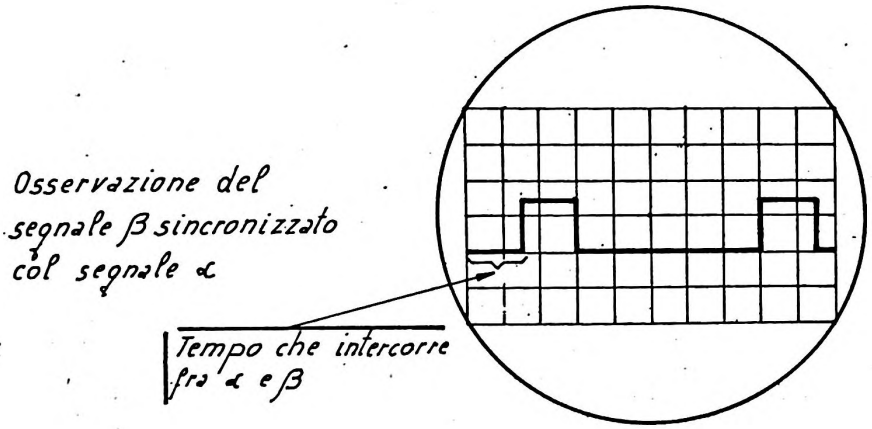


Fig. 6.1.1 Osservazione di due segnali sfasati nel tempo.

In definitiva si può concludere che é possibile usare un segnale diverso da quello in osservazione per sganciare i denti di sega.

E' necessario ora considerare quali siano le caratteristiche che deve avere il segnale di sincronismo rispetto al segnale in osservazione.

Per ottenere sullo schermo un'immagine ferma nel tempo, é necessario che la frequenza dei denti di sega, che rappresentano l'asse del tempo, coincida con la frequenza del segnale in esame o con un suo multiplo o sottomultiplo.

A tale scopo il segnale di sincronismo deve avere una frequenza uguale, multipla o sottomultipla della frequenza del segnale da osservare.

6.2. FREQUENZA DEL SEGNALE DI SINCRONISMO UGUALE A QUELLA DEL SEGNALE IN OSSERVAZIONE

In questo caso se si é eseguita una giusta regolazione del potenziometro livello, si ottiene sempre una immagine ferma, qualsiasi valore venga dato all'asse del tempo.

Infatti si realizzeranno sempre delle condizioni analoghe a quelle indicate nelle Fig. 6.2.1 - 6.2.2 e 6.2.3.

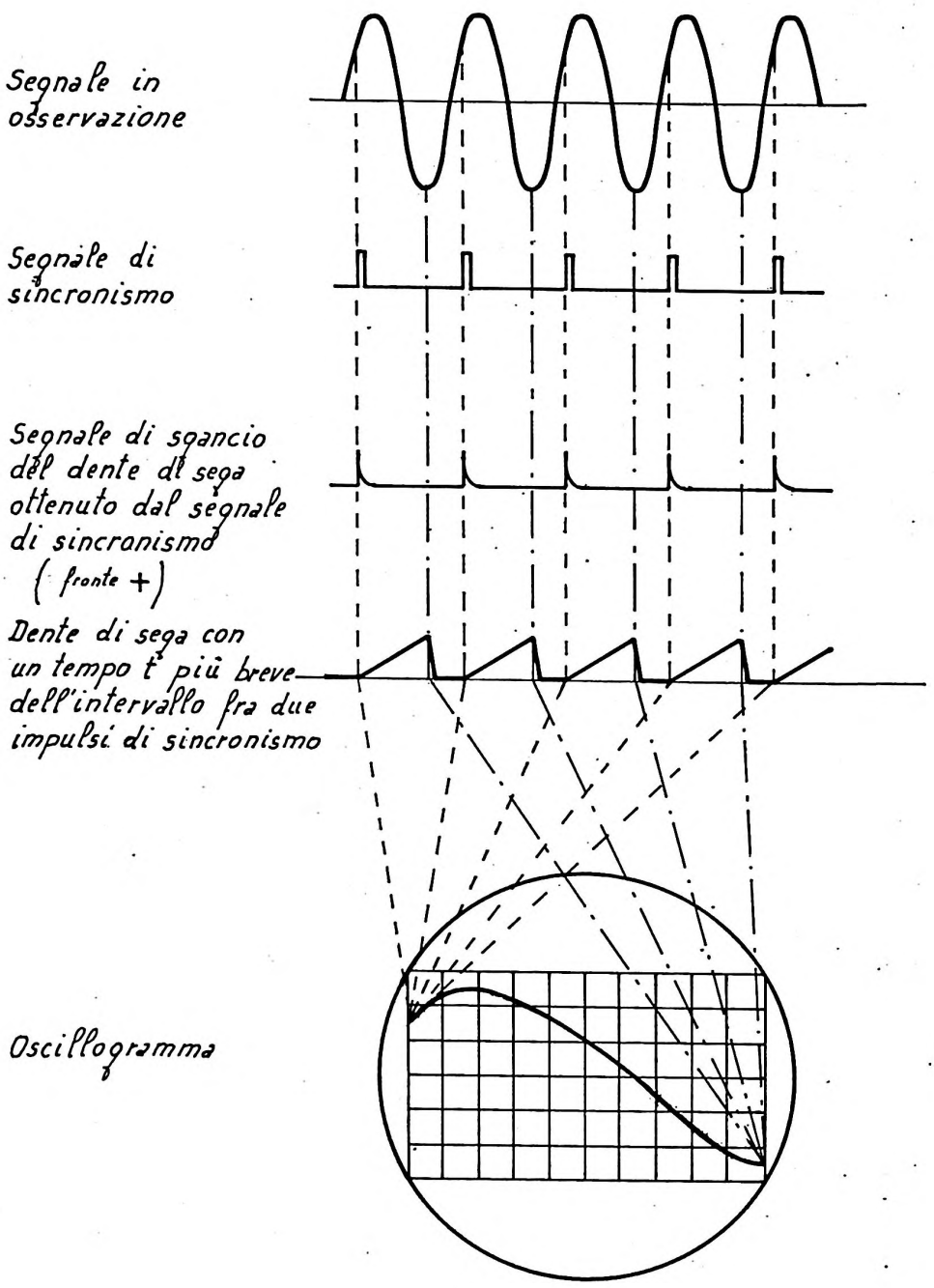


Fig. 6.2.1 Oscillogramma ottenuto utilizzando un segnale di sincronismo di frequenza uguale a quella del segnale in osservazione, (.tempo del dente di sega più breve dell'intervallo fra due impulsi di sincronismo).

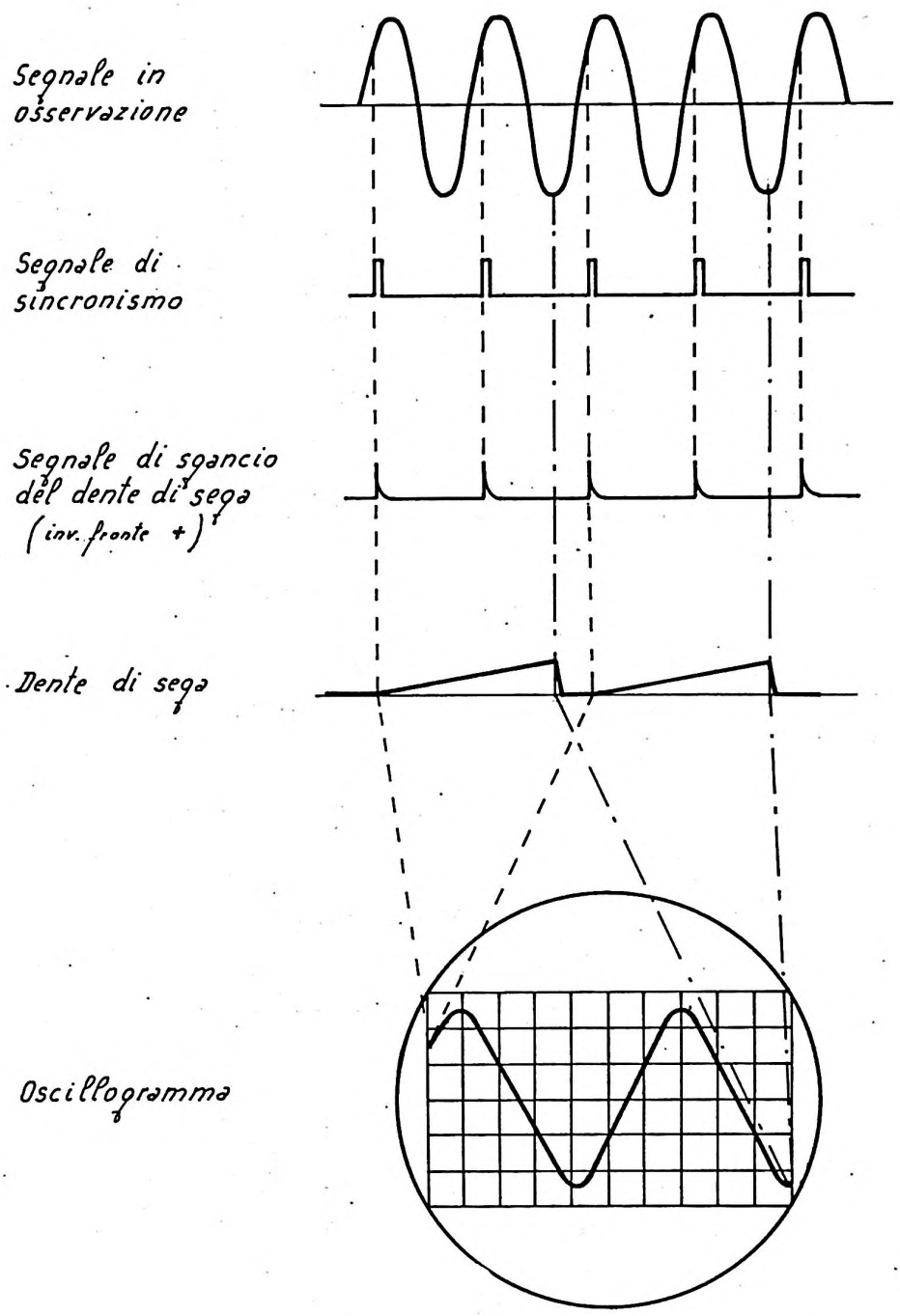


Fig. 6.2.2 Oscillogramma ottenuto utilizzando un segnale di sincronismo di frequenza uguale a quello del segnale in osservazione (tempo del dente di sega più lungo dell'intervallo fra due impulsi di sincronismo).

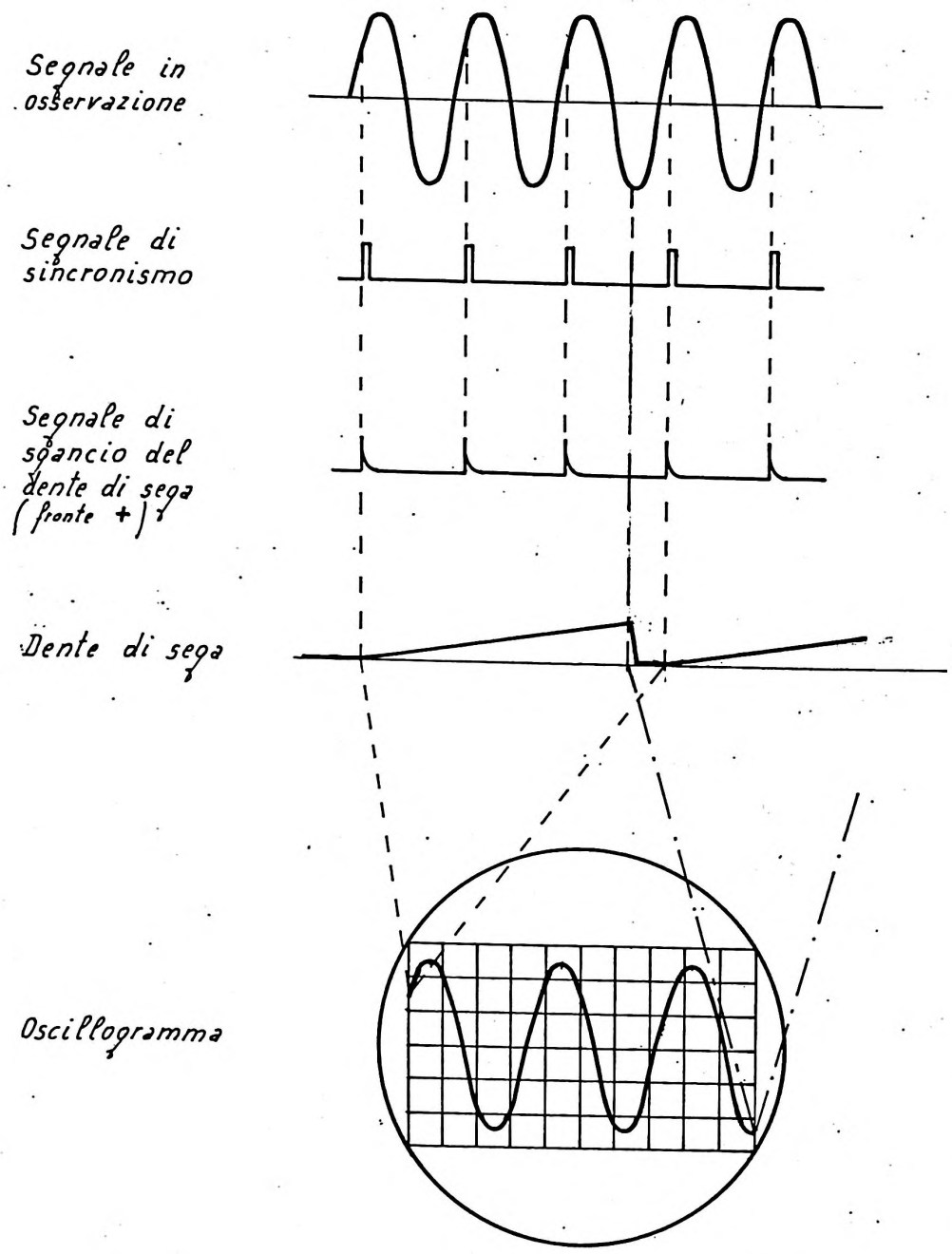


Fig. 6.2.3 Oscillogramma ottenuto utilizzando un segnale di sincronismo di frequenza uguale a quello del segnale in osservazione (tempo del dente di sega più lungo dell'intervallo fra tre impulsi di sincronismo).

6.3. FREQUENZA DEL SEGNALE DI SINCRONISMO MULTIPLA DI QUELLA DEL SEGNALE IN OSSERVAZIONE

In questo caso si ottiene una immagine ferma, ma in funzione del valore dato all'asse del tempo si può ottenere un oscillogramma corretto oppure errato.

Se si suppone di avere un segnale di sincronismo di frequenza doppia di quello del segnale da osservare si avranno delle condizioni analoghe a quelle indicate nelle Figg. 6.3.1 - 6.3.2 e 6.3.3.

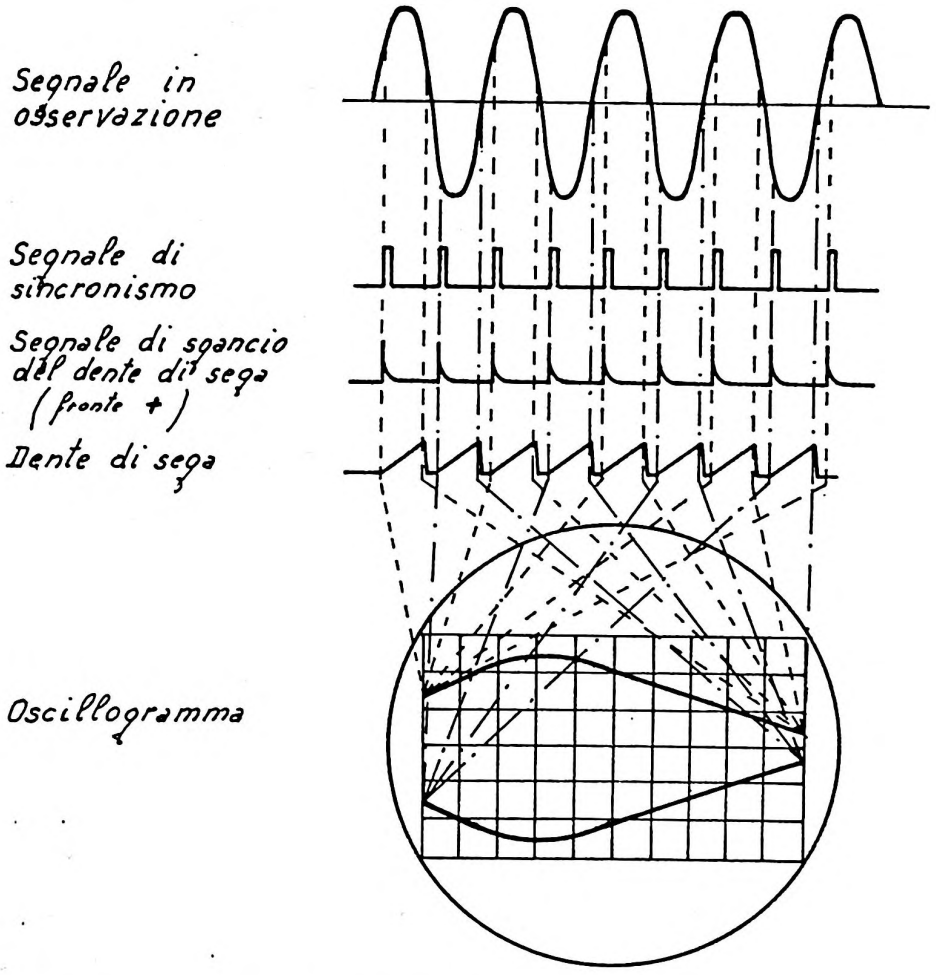


Fig. 6.3.1 Oscillogramma (errato) ottenuto utilizzando un segnale di sincronismo di frequenza doppia di quella del segnale in osservazione (tempo del dente di sega più breve dell'intervallo fra due impulsi di sincronismo).

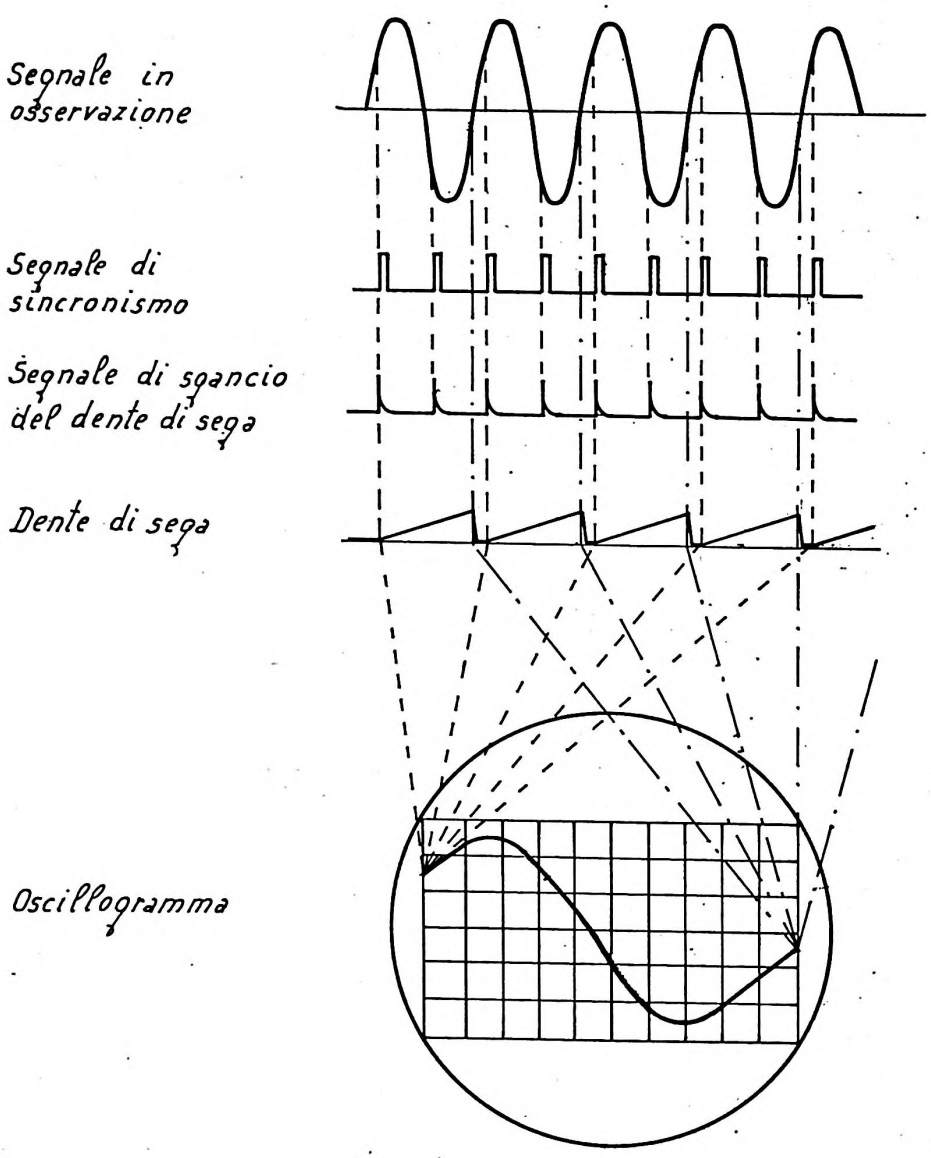


Fig. 6.3.2 Oscillogramma (esatto) ottenuto utilizzando un segnale di sincronismo di frequenza doppia di quella del segnale in osservazione (tempo del dente di sega più lungo dell'intervallo fra due impulsi di sincronismo).

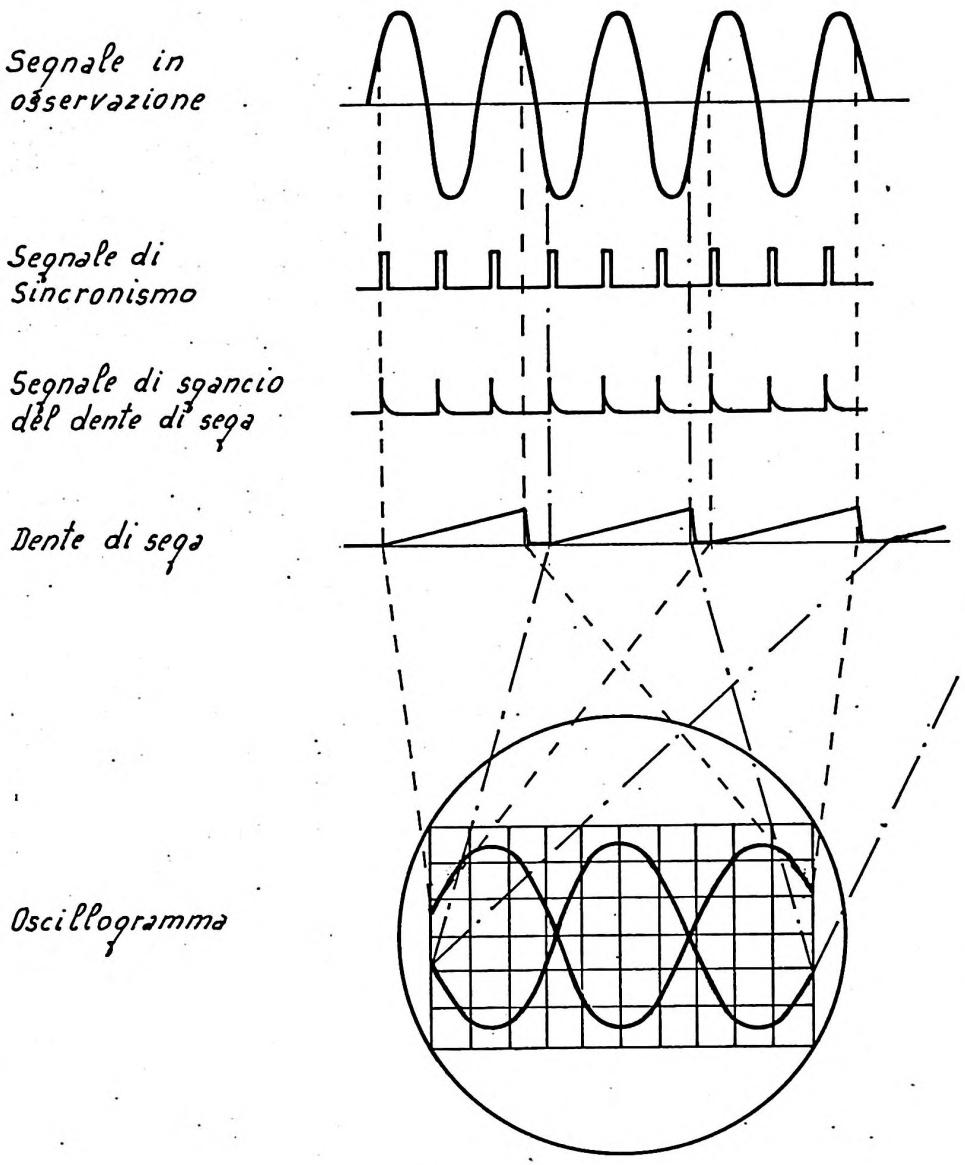


Fig. 6.3.3 Oscillogramma (errato) ottenuto utilizzando un segnale di sincronismo di frequenza doppia di quella del segnale in osservazione (tempo dei dente di sega più lungo dell'intervallo fra tre impulsi di sincronismo).

Continuando ad aumentare il tempo del dente di sega nel modo inidicato nelle Figg. 6.3.1 - 6.3.2 e 6.3.3, si può osservare che, per denti di sega che si manifestano in tempi che comprendono un numero dispari di impulsi di sincronismo, si ottengono degli oscillogrammi errati della forma d'onda che si vuole visualizzare, mentre, per denti di sega che si manifestano in tempi che comprendono un numero pari di impulsi di sincronismo si ottengono degli oscillogrammi esatti.

Se la frequenza dei segnali di sincronismo, anziché essere doppia di quella dei segnali da visualizzare fosse tripla si avrebbero degli oscillogrammi validi solo se il tempo del dente di sega comprende tre, sei, nove ecc. impulsi di sincronismo.

Nel caso in cui la frequenza dei segnali di sincronismo fosse quadrupla, quintupla ecc. di quella del segnale da visualizzare si avrebbero degli oscillogrammi esatti solo nel caso in cui i denti di sega coprissero rispettivamente quattro, otto, ecc. oppure, dieci ecc. impulsi di sincronismo.

6.4. FREQUENZA DEL SEGNALE DI SINCRONISMO SOTTOMULTIPLA DI QUELLA DEL SEGNALE IN OSSERVAZIONE

In questo caso si ottiene sempre una immagine ferma qualsiasi sia il valore che viene dato dall'asse del tempo.

Infatti si realizzeranno sempre delle condizioni analoghe a quelle indicate nelle figure 6.4.1 - 6.4.2 e 6.4.3.

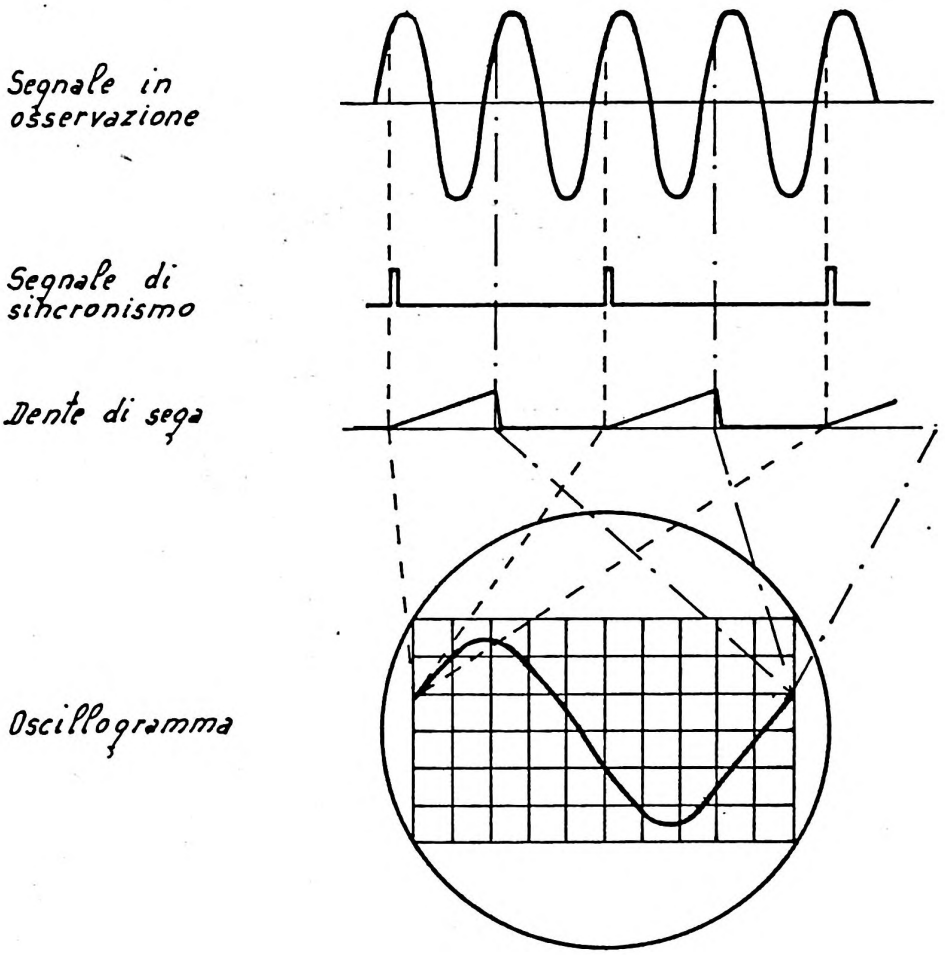


Fig. 6.4.1 Oscillogramma ottenuto utilizzando un segnale di sincronismo di frequenza metà di quella del segnale in osservazione (tempo del dente di sega più breve dell'intervallo fra due impulsi di sincronismo).

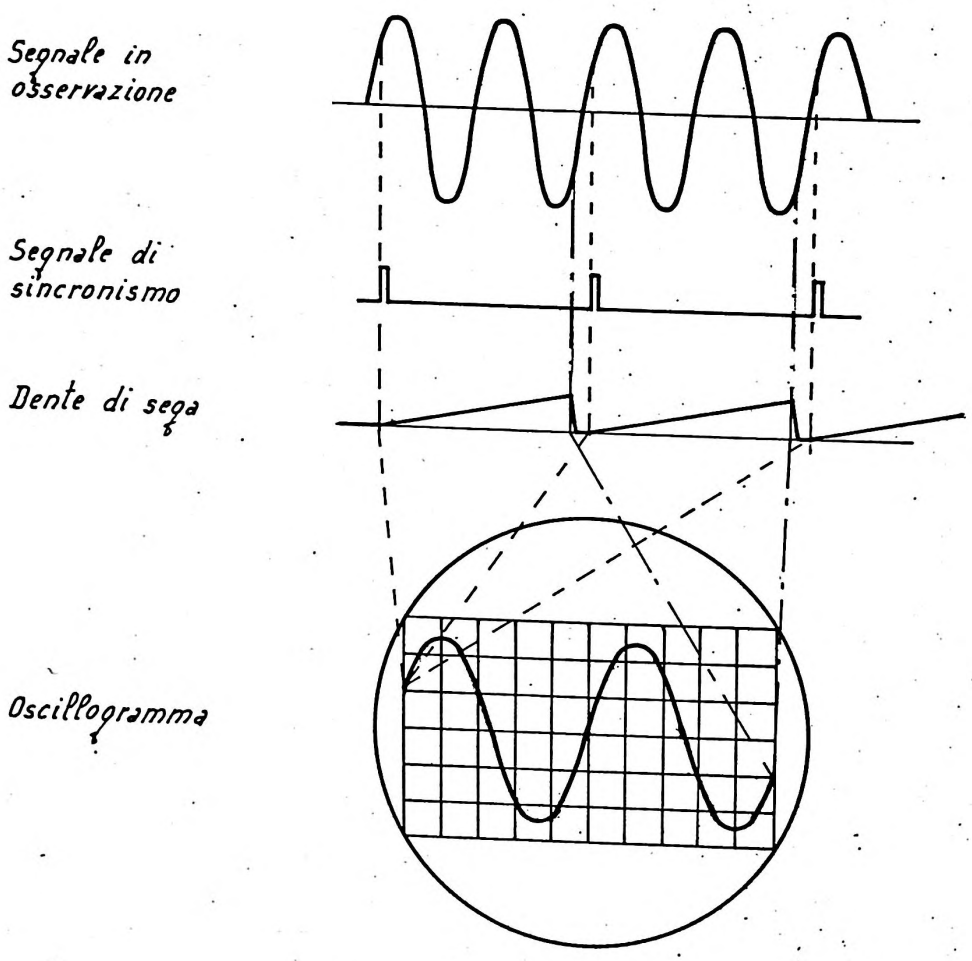


Fig. 6.4.2 Oscillogramma ottenuto utilizzando un segnale di sincronismo di frequenza metà di quella del segnale in osservazione (tempo del dente di sega più breve dell'intervallo fra due impulsi di sincronismo).

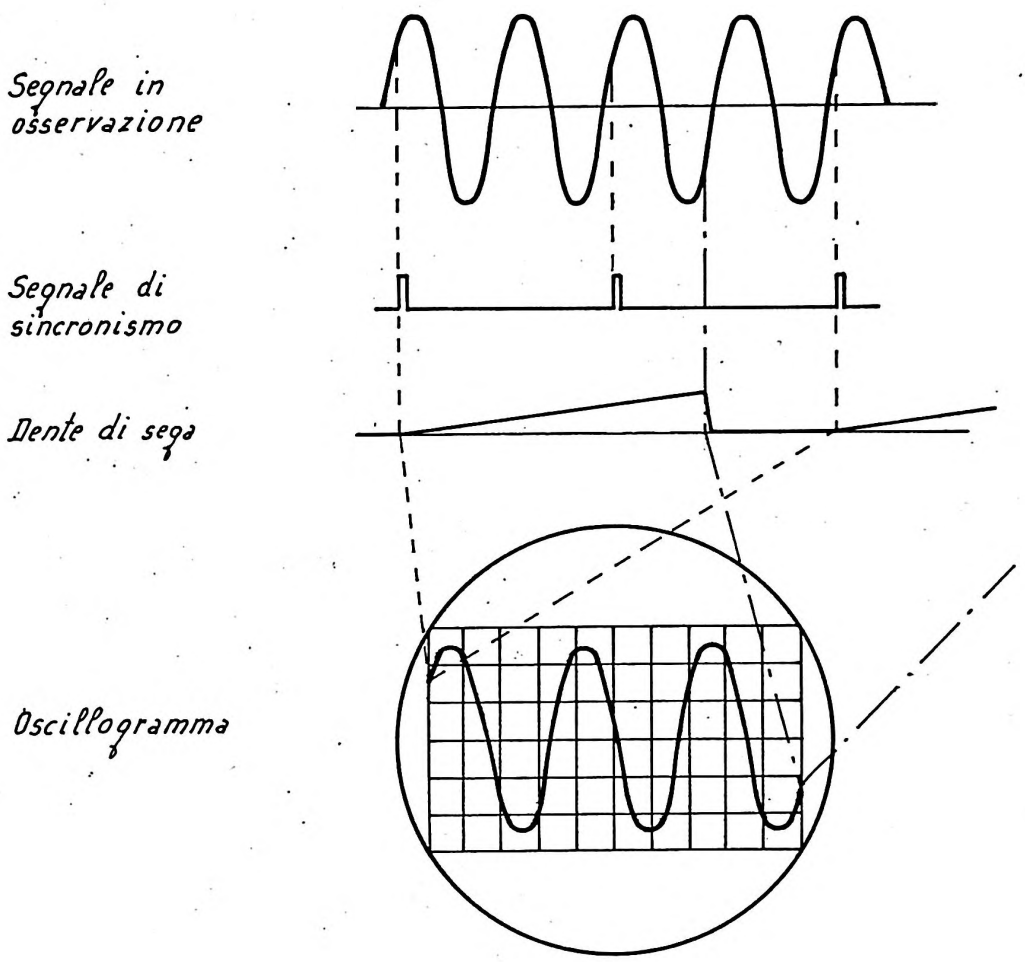


Fig. 6.4.3 Oscillogramma ottenuto utilizzando un segnale di sincronismo di frequenza metà di quella del segnale in osservazione (tempo del dente di sega più lungo dell'intervallo fra due impulsi di sincronismo).

DOMANDE

a) Oltre a far partire il dente di sega in sincronismo col segnale in esame si può farlo partire con un segnale diverso ?

.....
.....

b) Il segnale di sincronismo può essere un segnale qualsiasi o deve avere qualche relazione con il segnale da esaminare ?

.....
.....

c) Quali sono le relazioni esistenti tra il segnale di sincronismo e il segnale da visualizzare ?

.....
.....

d) Quando può essere utile non adoperare il segnale da osservare per sganciare il dente di sega ?

.....
.....

e) Se il segnale di sincronismo ha la frequenza tripla rispetto a quella del segnale da osservare quante forme d'onda complete debbono apparie sullo schermo affinché si abbia una immagine stabile ?

.....
.....

RISPOSTE

a) Si.

b) Il segnale di sincronismo deve avere delle relazioni con il segnale da visualizzare.

c) Il segnale di sincronismo deve avere la frequenza uguale o sottomultipla di quelle del segnale da osservare.

d) Quando si vuol conoscere la relazione di tempo esistente fra i due segnali ammesso che questi siano legati dalla relazione riportata nella riposta c).

e) Tre o sei o nove ecc. forme d'onda complete.

LEZIONE 7

Tempo di studio
30 minuti

7. MISURAZIONI ESEGUIBILI CON L'OSCILLOSCOPIO

7.1.

Normalmente, per poter misurare una d.d.p. tra due punti si procede collegando ogni singolo punto con un morsetto dello strumento. In pratica se si vuol misurare una d.d.p. in c.c. si dovranno collegare i due morsetti dello strumento ai rispettivi punti di rilevazione (Fig. 7.1.1).

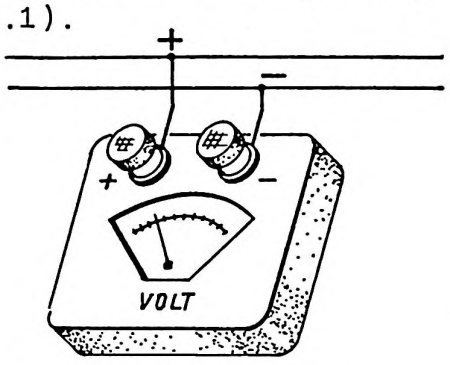


Fig. 7.1.1 Collegamento di un voltmetro per eseguire la misura della tensione esistente fra due conduttori.

Anche se si deve misurare una tensione alternata tra due punti, due devono essere i fili portati allo strumento: uno per ogni morsetto.

Quando si vuole usare l'oscilloscopio il modo di procedere é lo stesso e si devono eseguire due collegamenti uno per ogni punto di rilevazione. Il primo collegamento si deve effettuare tra un punto ed il "morsetto di massa" mentre il secondo va eseguito tra l'altro punto ed il morsetto d'ingresso Y.

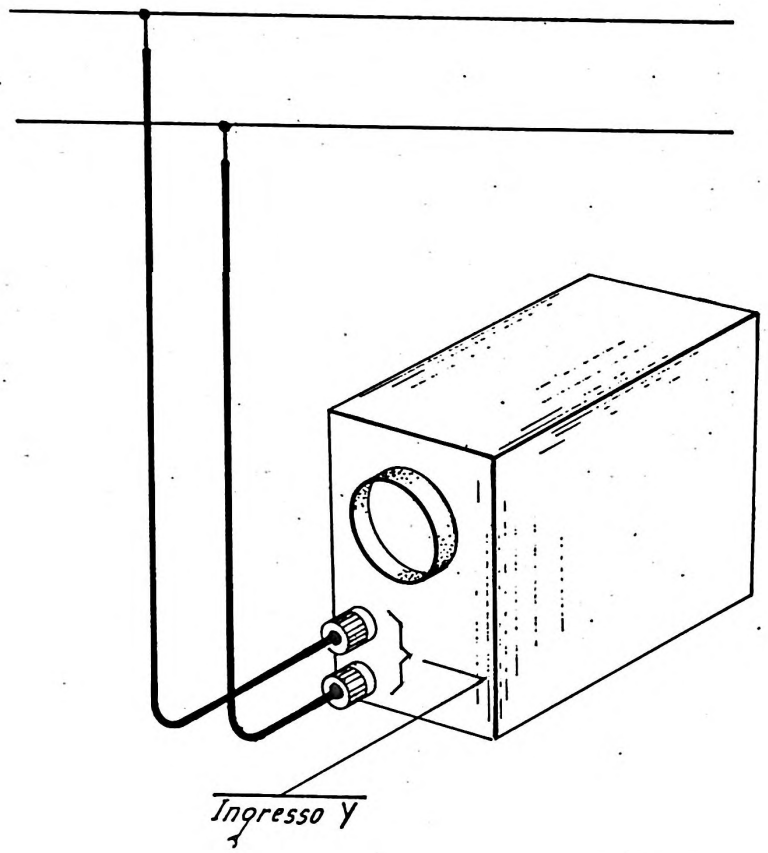


Fig. 7.1.2 Collegamento di un oscilloscopio per eseguire la misura della tensione esistente fra due conduttori.

7.2. MISURAZIONI DI TENSIONI

L'oscilloscopio, se é stato preventivamente tarato, permette di effettuare delle misurazioni del valore della tensione in esame.

Come misuratore lo strumento rileva valori di picco, per cui la tensione é alternata con forma sinusoidale si può, per mezzo di formule, risalire al valore efficace.

Si supponga di aver applicato all'ingresso dell'asse verticale (Y) di un oscilloscopio il segnale che dà sullo schermo la forma d'onda indicata in figura 7.2.1; inoltre si supponga che tale forma d'onda sia ottenuta con una sensibilità di deflessione calibrata di 20V/div.

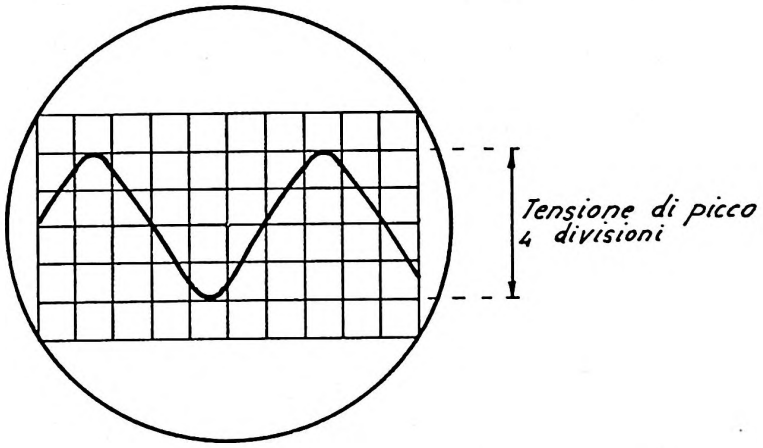


Fig. 7.2.1 Oscillogramma di un segnale sinusoidale di 4 divisioni verticali fra picco e picco.

Il valore di picco della tensione in osservazione é di 4 divisioni. Poiché ogni divisione corrisponde a 20 V (20V/div) il segnale in esame avrà un valore di 80 V.

Il valore efficace risulta dalla applicazione della seguente formula :

$$V.\ eff. = \frac{V\ di\ picco}{2.\ 1,41} = \frac{80}{2.1,41} = 28,3\ V$$

Se la forma della tensione non é sinusoidale, risulta abbastanza difficoltoso ricavare il valore efficace, poiché le formule da applicare sono complesse.

Nel caso in cui si voglia misurare una tensione continua si procede nel seguente modo :

1° si collega l'ingresso verticale allo 0V

2° mediante la regolazione "posizione verticale" si porta la traccia a coincidere con una linea orizzontale del reticolo che verrà considerata come 0V

3° si applica la tensione da misurare all'ingresso verticale

4° si effettua la lettura dello spostamento in senso verticale della traccia, a partire dalla posizione 0V

5° si moltiplica lo spostamento trovato per il valore della sensibilità dell'asse verticale e si ottiene il valore della tensione in esame (Fig. 7.2.2).

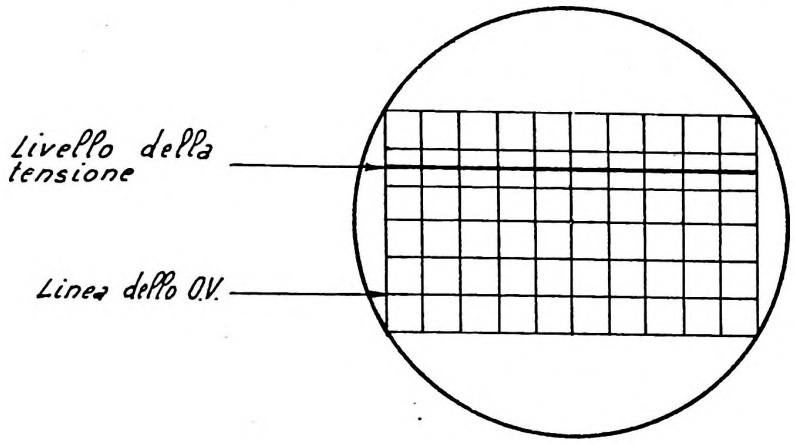


Fig. 7.2.2 Misurazione di una tensione continua.

Si supponga che nel caso presentato in figura 7.2.2 la sensibilità di deflessione verticale sia di 10V in tal caso il valore della tensione osservata, risulta di $3,5 \cdot 10 = 35$ V dove 3,5 sono le divisioni interessate dalla tensione in esame.

7.3. MISURAZIONI DI TEMPO

Nel caso in cui il fronte di salita del dente di sega sia tale da far spostare il pennello elettronico lungo l'asse orizzontale ad una velocità nota, si ottiene uno spostamento per ogni divisione orizzontale dello schermo in un tempo conosciuto.

Per tale motivo ogni posizione del commutatore che seleziona il valore della capacità del circuito che genera i denti di sega viene indicata in tempo/divisione.

Il tempo/divisione, indicato dal commutatore ha valore solamente nel caso in cui la regolazione fine (potenziometro di regolazione della corrente di carica dei condensatori) si trovi in un posizione fissa, di inizio o di fine corsa a seconda di come é stato progettato l'oscilloscopio.

Disponendo quindi di un oscilloscopio con l'asse dei tempi calibrato, é possibile eseguire delle misure del tempo esistenti fra due punti riconoscibili del segnale.

Nel caso in cui si abbia un segnale come quello indicato in Fig. 7.3.1 e si voglia osservarlo con una posizione del commutatore tempo/divisione=10 μsec/div. si ottiene un oscillogramma come quello riportato nella stessa figura. Da tale oscillogramma si può stabilire che il tempo impiegato dal segnale ad eseguire un ciclo completo é di 5,5 quadretti.

Moltiplicando il numero di quadretti che intercorrono fra due punti uguali del segnale, per il valore di tempo attribuito a ciascun quadretto stabilito dal commutatore tempo/div. si ottiene il tempo cercato. Nell'esempio il periodo del segnale é :

$$T = (t/div.) \cdot (Numero\ div.) = 10 \cdot 5{,}5 = 55\ \mu sec.$$

essendo t/div. espresso in μsec.

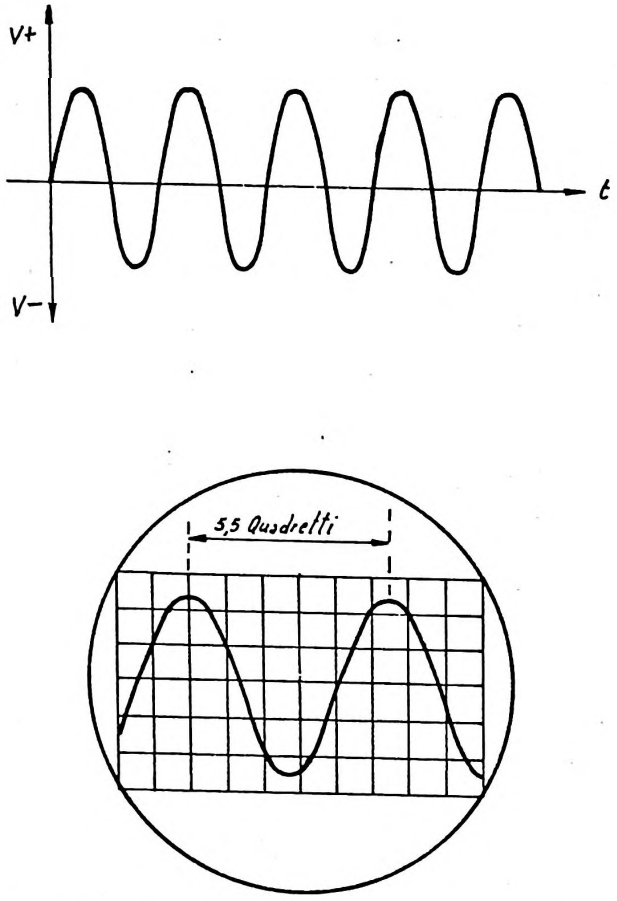


Fig. 7.3.1 Misurazione del tempo esistente fra due picchi di un segnale sinusoidale.

Conoscendo il valore del tempo di un periodo espresso in secondi si può risalire al valore della frequenza espressa in Hz del segnale in esame sapendo che $f = \frac{1}{T}$

Nel caso considerato $T = 55\,\mu sec = 0,000055$ sec.

e $f = \frac{1}{0,000055} = 18.181,81$ cicli.

DOMANDE

a) Oltre che per visualizzare la forma d'onda di un segnale, l'oscilloscopio può essere usato come misuratore di tensione ?

.....
.....

b) Se la tensione in esame é alternata sinusoidale come si risale al suo valore efficace ?

.....
.....

c) Se la tensione in esame é continua si può stabilire direttamente il suo valore ? Come ?

.....
.....

d) Come si deve procedere con l'oscilloscopio per effettuare misure di tempo fra due punti riconoscibili del segnale in esame ?

.....
.....

RISPOSTE

a) Si.

b) Si misura il valore della tensione di picco e la si divide per 2,82.

c) Si, avendo precedentemente stabilito sul reticolo la posizione della traccia corrispondente allo 0 volt.

d) Si inquadrano i due punti riconoscibili del segnale in esame senza scalibrare l'asse dei tempi, si contano le divisioni che intercorrono fra i due punti e si moltiplica il numero delle divisioni per il valore indicato dal commutatore tempo/divisione.

LEZIONE 8

Tempo di studio
30 minuti

8. DISPOSITIVI ATTI A FACILITARE L'OSSERVAZIONE DEI SEGNALI

8.1. LINEA DI RITARDO

Si supponga di voler visualizzare un segnale e di volerlo utilizzare anche per sganciare i denti di sega.

Se l'oscilloscopio é dotato dei soli circuiti presentati in Fig. 5.3.15 , si verificano i fenomeni indicati in Fig. 8.1.1.

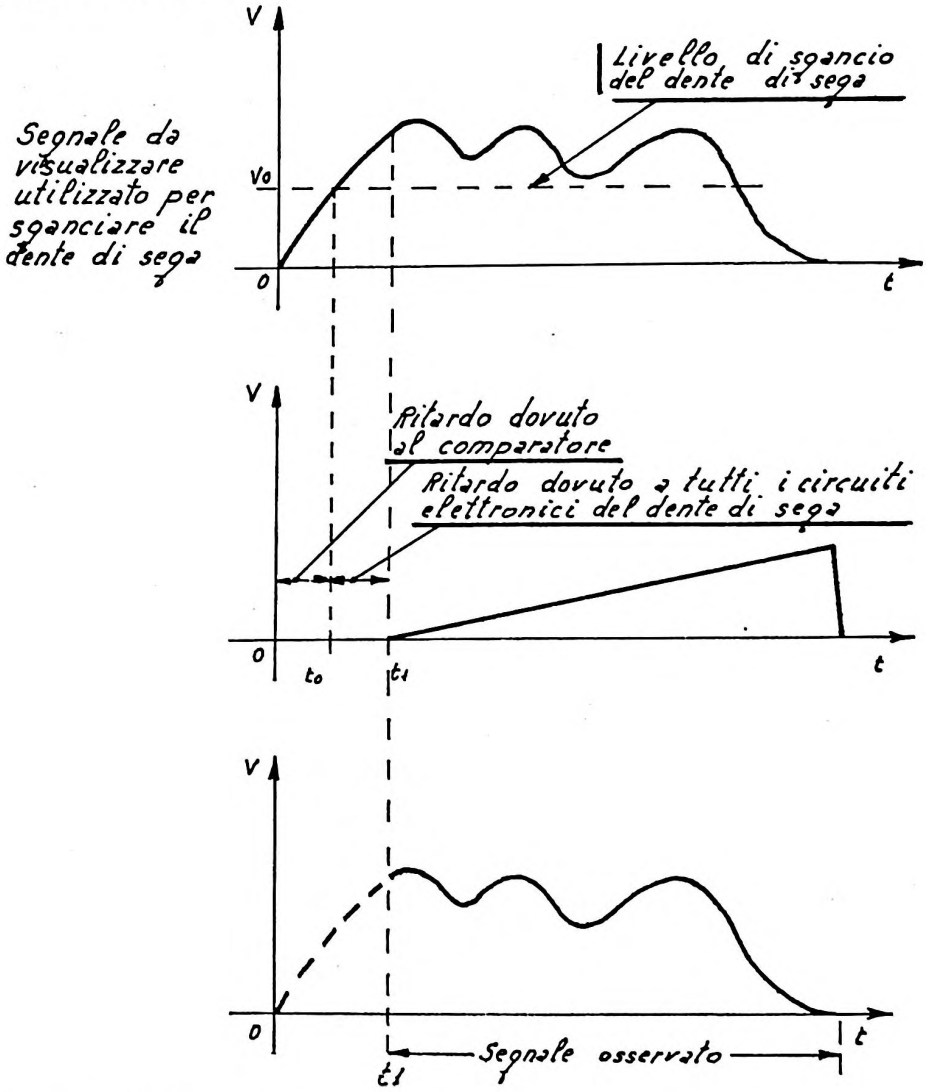


Fig. 8.1.1 Ritardo allo sgancio di un dente di sega.

Il dente di sega, dati i ritardi elettronici dei circuiti che lo interessano, ha origine con un certo ritardo rispetto al segnale da osservare che lo ha sganciato.

Ciò é dovuto al fatto che il circuito comparatore dà il via al dente di sega quando il segnale al suo ingresso ha raggiunto un certo valore, ed inoltre i circuiti adibiti allo sgancio ed alla generazione del dente di sega, apportano dei ritardi alla propagazione dei segnali, maggiori di quelli apportati dai circuiti di amplificazione verticali.

La partenza ritardata del dente di sega comporta la elminazione dalla osservazione della parte iniziale del segnale.

Per evitare tale inconveniente si ritardano di un tempo fisso anche i segnali applicati all'asse verticale. Ciò é ottenuto mediante l'inserzione di una linea di ritardo nell'amplificatore verticale. Poiché la l.d.r. si comporta come un filtro passa basso, per fare in modo che introduca la minor distorsione possibile, essa viene inserita in un punto dell'amplificatore nel quale i segnali d'ingresso siano già stati sufficientemente amplificati.

In partica vengono utilizzate due linee di ritardo: una serve per un ramo dell'amplificatore, l'altra serve per l'altro ramo.

Le linee di ritardo, solitamente, vengono inserite fra il preamplificatore e l'amplificatore.

Lo schema a blocchi di Fig. 5.3.15 viene così modificato secondo lo schema di Fig. 8.1.2.

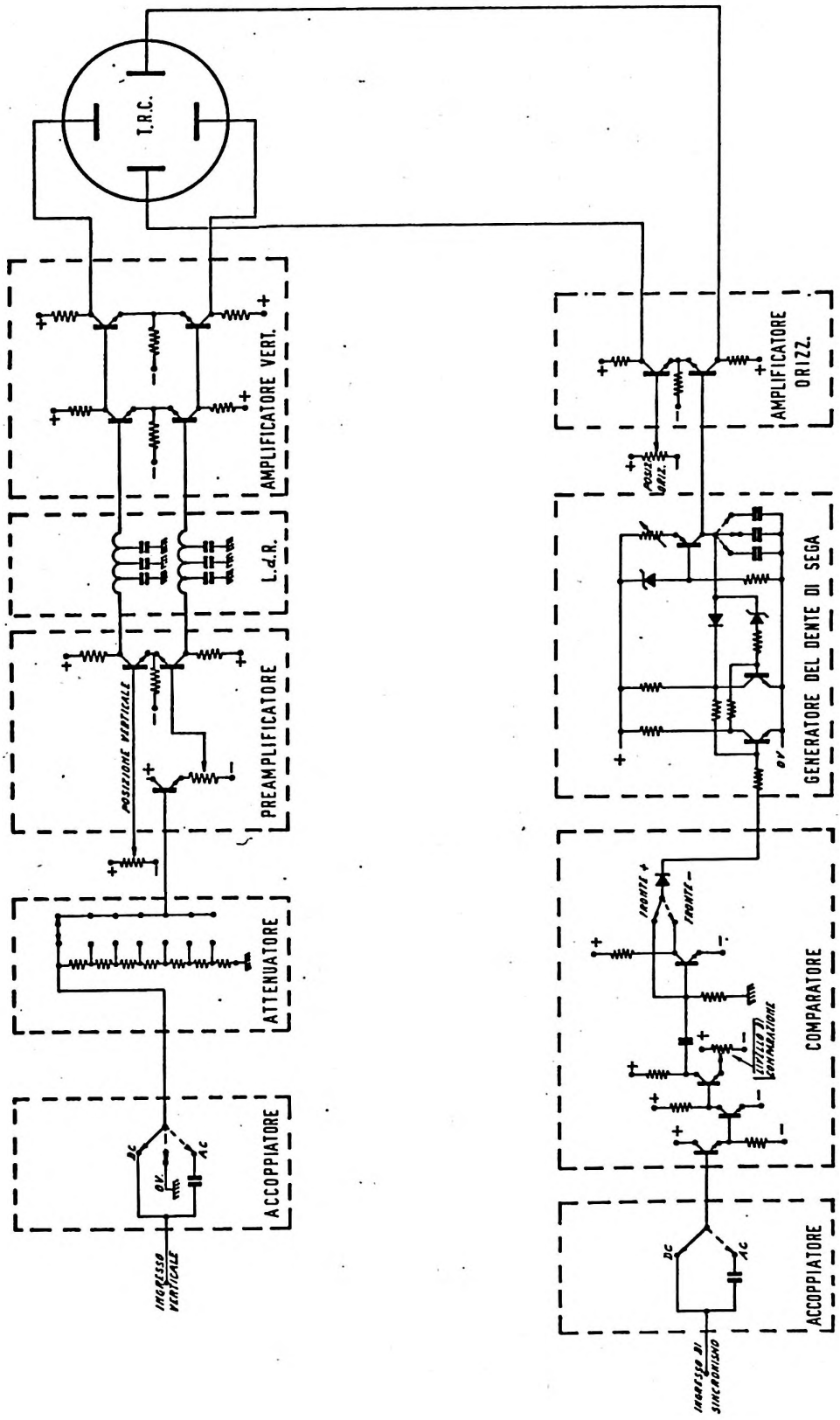


Fig. 8.1.2 Inserzione della linea di ritardo nell'amplificatore verticale.

In questo modo se si applica all'ingresso verticale il medesimo segnale di Fig. 8.1.1 e lo stesso viene utilizzato per sganciare il dente di sega, si ottiene il risultato di poter vedere anche l'inizio di tale segnale, nel modo indicato in Fig. 8.1.3.

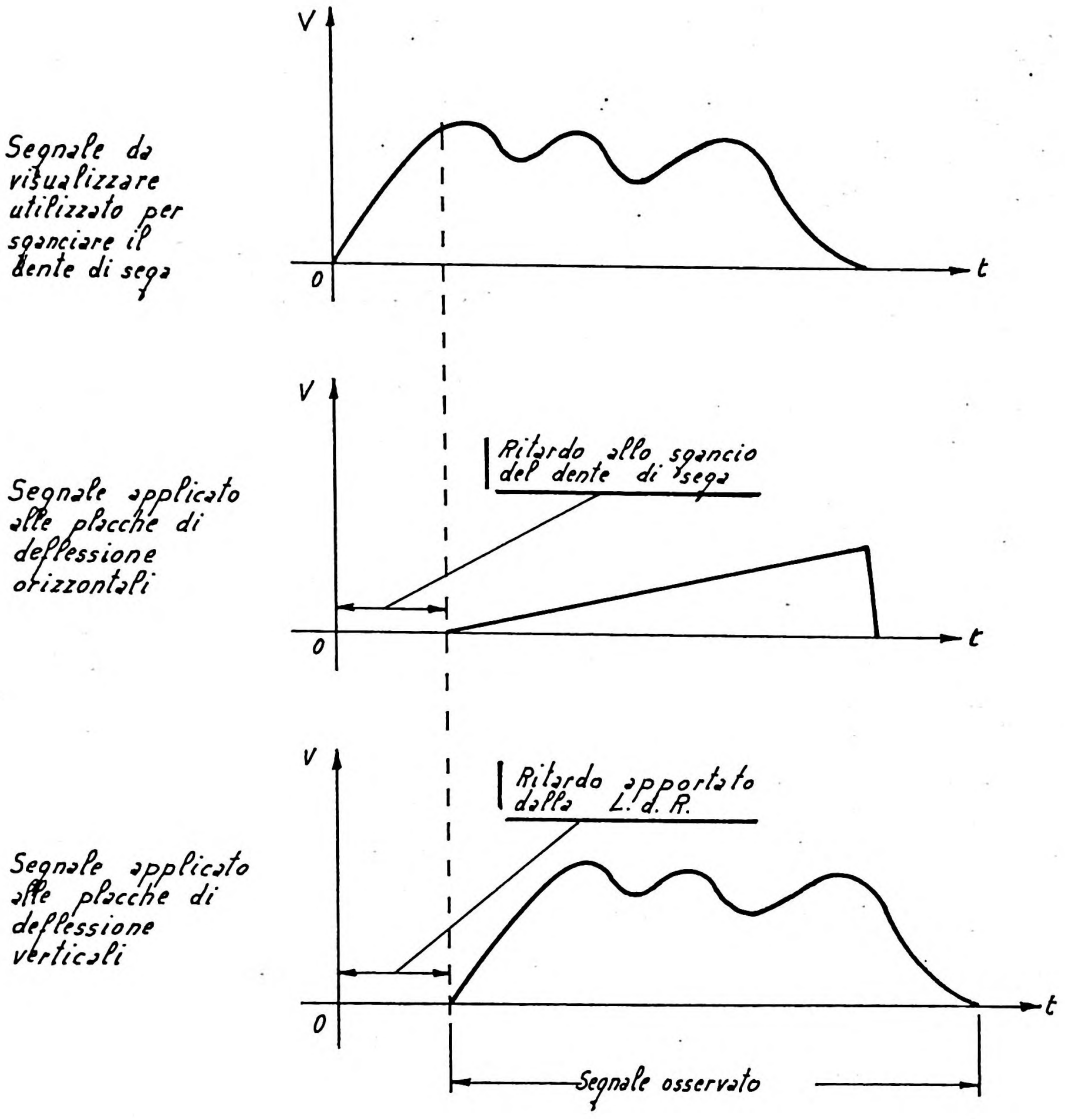


Fig. 8.1.3 Segnali ritardati per poter vedere l'andamento dei fronti che hanno sganciato i denti di sega.

8.2. ANNULLAMENTO DELLA TRACCIA DURANTE IL TEMPO DI RITORNO

Si supponga di applicare all'ingresso verticale di un oscilloscopio il segnale riportato in Fig. 8.2.1a e di aver selezionato un valore dell'asse del tempo che dia luogo ai denti di sega riportati in Fig. 8.2.1b.

In questo caso si ottiene il risultato indicato in Fig. 8.2.1e.

Esaminando gli oscillogrammi di Fig. 8.2.1 si nota che, se si rende sempre visibile la traccia luminosa, durante il tempo di ritorno e durante il tempo di arresto del dente di sega si formano sullo schermo delle parti di traccia che possono confondere la chiarezza del risultato cercato.

Da quanto esposto risulta evidente che é necessario sopprimere la traccia durante il tempo di ritorno e durante il tempo di attesa del dente di sega.

Si ottiene tale risultato ponendo in serie al circuito di polarizzazione negativa di griglia del T.R.C. (che contiene la regolazione della luminosità) la tensione di uscita del flip-flop di comando del dente di sega (Fig. 8.2.2).

In tale caso, se il flip-flop si trova in reset, arriva sulla griglia del T.R.C. la sola tensione negativa del circuito di polarizzazione. Se essa é stata scelta in modo da interdire completamente il flusso degli elettroni del pennello elettronico, sullo schermo non compare nessuna traccia luminosa.

Quando il flip-flop si trova in set, sulla griglia del T.R.C. arriva la somma del valore della tensione negativa del circuito di polarizzazione, più il valore della tensione positiva di uscita del flip-flop. In questo caso sulla griglia del T.R.C. arriva un valore di tensione meno negativo di quello del caso precedente, capace ora di permettere il flusso degli elettroni del pennello elettronico per cui sullo schermo compare la traccia.

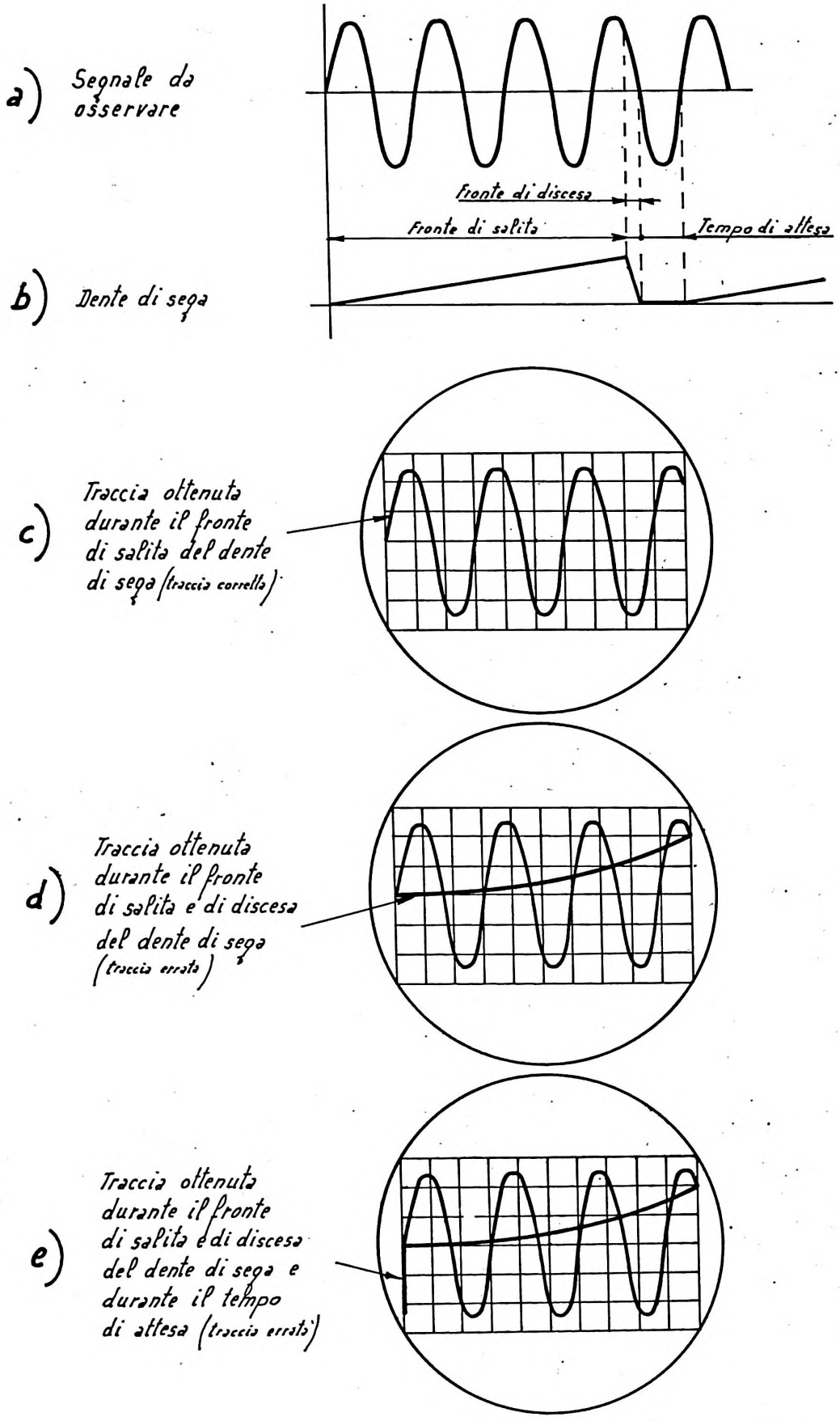


Fig. 8.2.1 Oscillogramma risultante sullo schermo del TRC nel caso di lasciare sempre visibile la traccia luminosa.

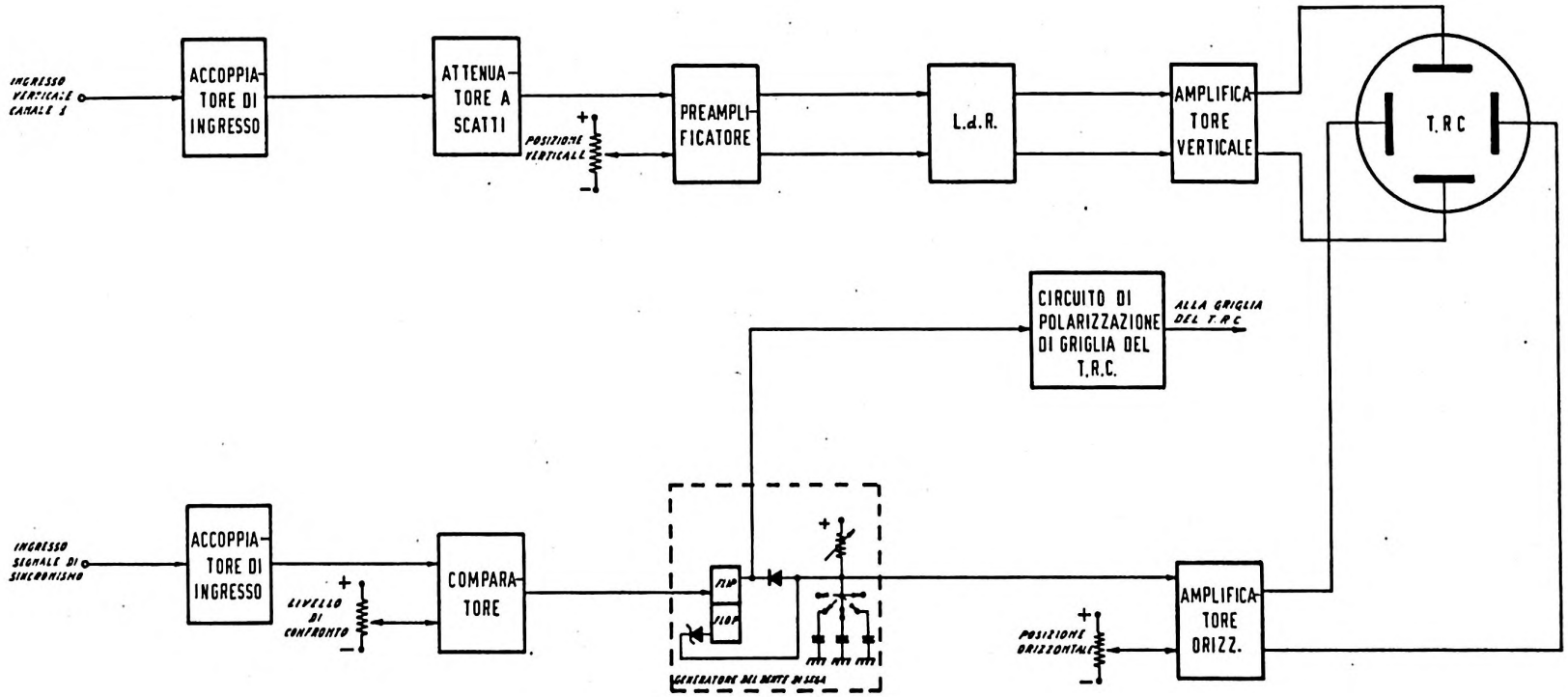


Fig. 8.2.2 Circuito di soppressione della traccia durante il tempo di ritorno e di riposo del dente di sega.

8.3. MODULAZIONE DELL'ASSE Z

Lo schermo di un T.R.C., essendo costituito da un piano, permette di visualizzare l'andamento di un fenomeno in funzione di due sole variabili. Le variabili in esame sono X ed Y. Normalmente si considera X funzione del tempo, e si misura lungo l'asse orizzontale, mentre Y si misura lungo l'asse verticale e si considera funzione della tensione in esame.

Ciò porta a dedurre che mediante un T.R.C. non é possibile rappresentare l'andamento di un fenomeno in funzione di tre variabili considerate su tre assi diversi X,Y,Z ortogonali fra loro.

Pur tuttavia sull'oscilloscopio viene riportato un ingresso denominato Z.

Questo ingresso non assume il significato di asse Z in senso tridimensionale, bensì permette di variare l'intensità luminosa della traccia sul piano X,Y per mezzo di un segnale di comando. Tale modo di operare viene definito "modulazione dell'asse Z".

I circuiti che realizzano tale funzione agiscono sulla tensione di polarizzazione del catodo del T.R.C. tramite un accoppiamento a resistenza e capacità e sono riportati sulla Fig. 8.3.1.

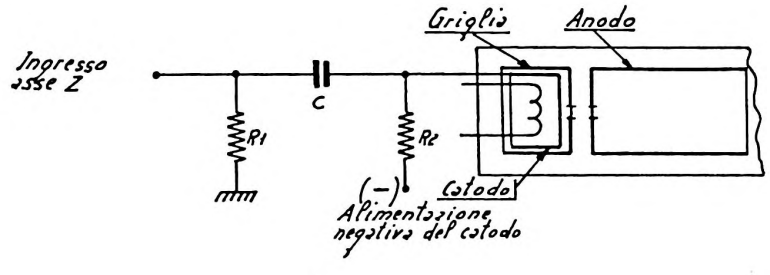


Fig. 8.3.1 Applicazione al catodo del T.R.C. della tensione di modulazione dell'intensità luminosa della traccia.

Applicando un impulso positivo all'ingresso "asse Z", esso si riporta tramite la capacità C sul catodo del T.R.C. per cui la tensione di catodo viene innalzata. Poiché la tensione di griglia rimane costante, la differenza di potenziale fra catodo-griglia aumenta in modo tale che la griglia diventa più negativa rispetto al catodo. Ciò comporta una diminuzione della intensità del fascio di elettroni uscenti dal catodo e una diminuzione della intensità luminosa della traccia sullo schermo.

Applicando impulsi negativi all'ingresso Z, si ottiene una maggiore intensità luminosa della traccia sullo schermo.

La possibilità di poter variare la intensità luminosa della tracciatura é utile quando si vuole visualizzare nel tempo l'andamento di un fenomeno , in relazione all'andamento di un altro .

Si supponga, per esempio di avere a disposizione i tre segnali riportati in Fig. 8.3.2 e di voler visualizzare l'andamento del segnale a) in relazione alla presenza del segnale b) sincronizzati sul segnale c).

A tale scopo si sincronizza l'asse X con il segnale c), si applica il segnale a) all'asse Y, ed il segnale b) all'asse Z e dando una certa scala dei tempi , si ottiene il risultato indicato al punto d) di Fig. 8.3.2.

I punti di riferimento vengono comunemente denominate "marche di riferimento".

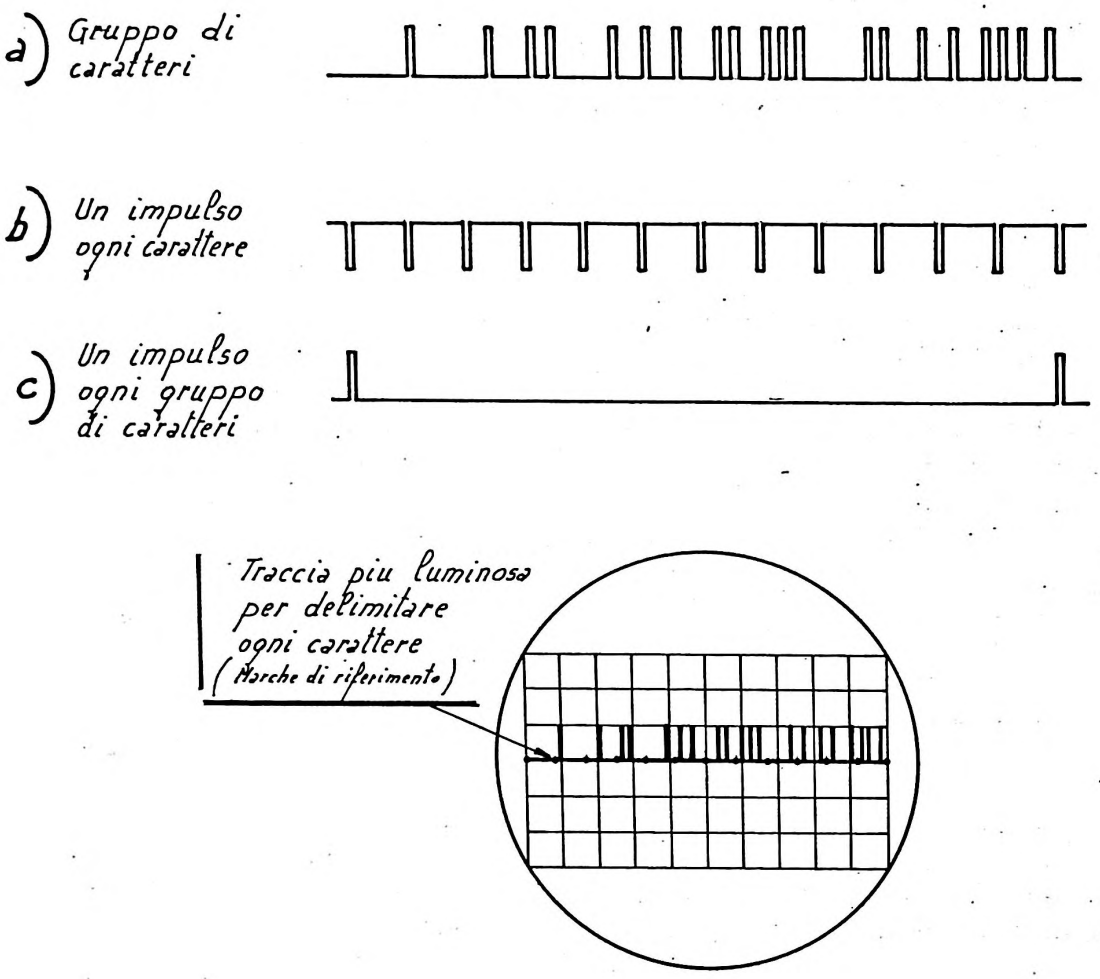


Fig. 8.3.2 Osservazione di un segnale con dei punti più luminosi di riferimento.

8.4. COMMUTATORE DI SELEZIONE DELLA SORGENTE DEI SEGNALI DI SINCRONISMO

Per facilitare le connessioni fra i segnali e i circuiti dell'oscilloscopio, quest'ultimo é munito di un commutatore, atto a stabilire internamente allo stesso, determinate connessioni (Fig. 8.4.1).

Quando si vuole osservare un segnale sincronizzato con se stesso, in condizioni normali, si collega il circuito in esame sia all'ingresso verticale che all'ingresso di sincronismo.

In questo caso si può evitare il collegamento esterno all'ingresso di sincronismo, dato che il commutatore di selezione dei segnali di sincronismo può effettuare internamente all'oscilloscopio tale connessione.

Oltre a prelevare i segnali di sincronismo dal canale verticale tale commutatore permette di prelevarli dall'alimentatore a frequenza di rete dell' oscilloscopio oppure all'ingresso esterno.

Si può usare i segnali di sincronismo a frequenza di rete, tutte le volte che si osservano segnali che si manifestano con questa frequenza : tensioni alternate di rete, residui alternati (ripple) di alimentatori a corrente continua ecc.

E' da tener presente che i segnali di sincronismo a frequenza di rete prelevati dal commutatore internamente all'oscilloscopio sono da considerarsi come dei segnali esterni. Infatti essi non vengono modificati quando si cambiano i segnali all'ingresso verticale.

Ciò porta a considerare che applicando all'ingresso verticali i segnali diversi si può stabilire la relazione nel tempo esistente fra di essi (Fig. 8.4.2 - 8.4.3 e 8.4.4).

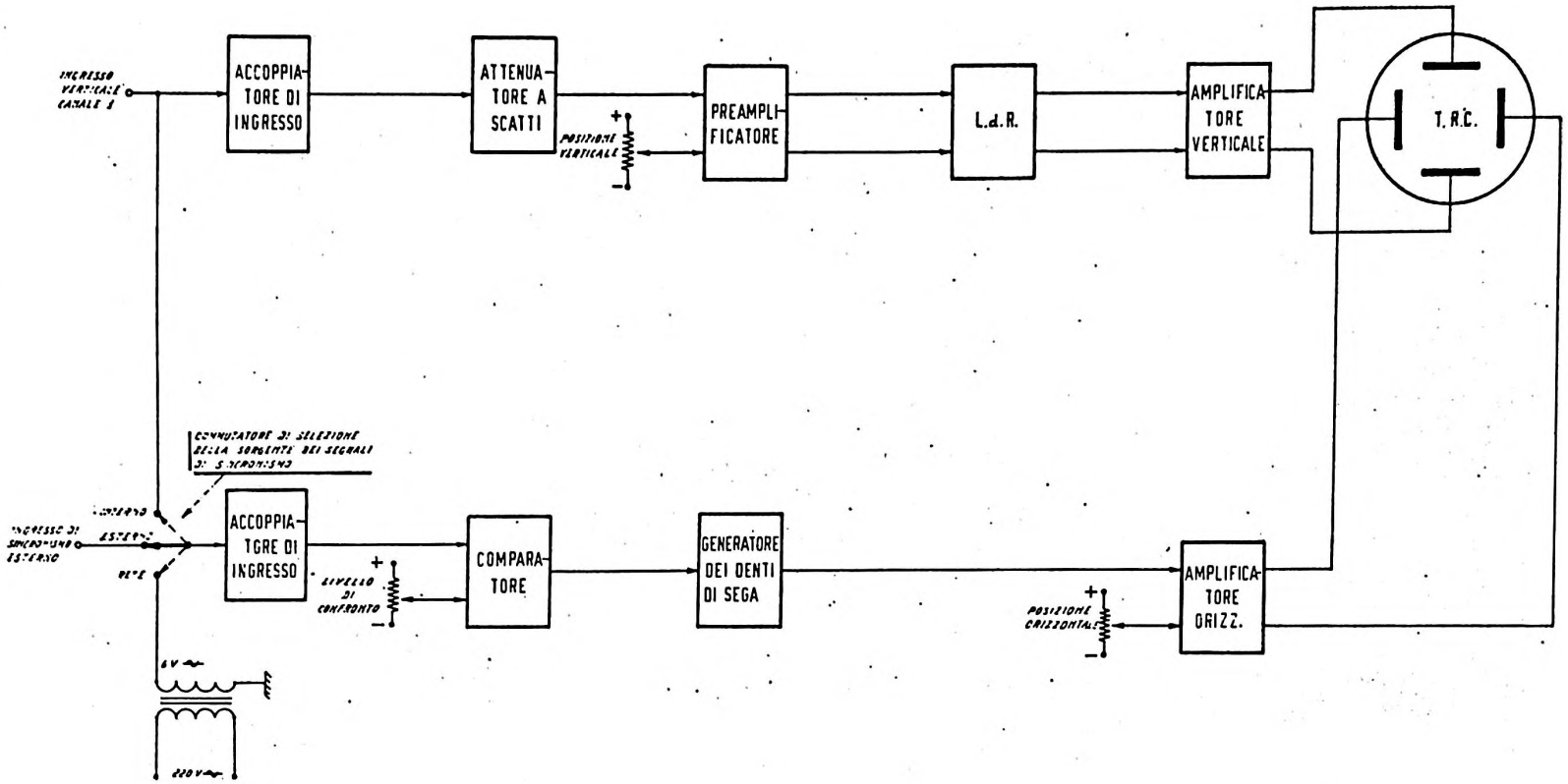


Fig. 8.4.1 Collegamenti del commutatore di selezione della sorgente dei segnali di sincronismo.

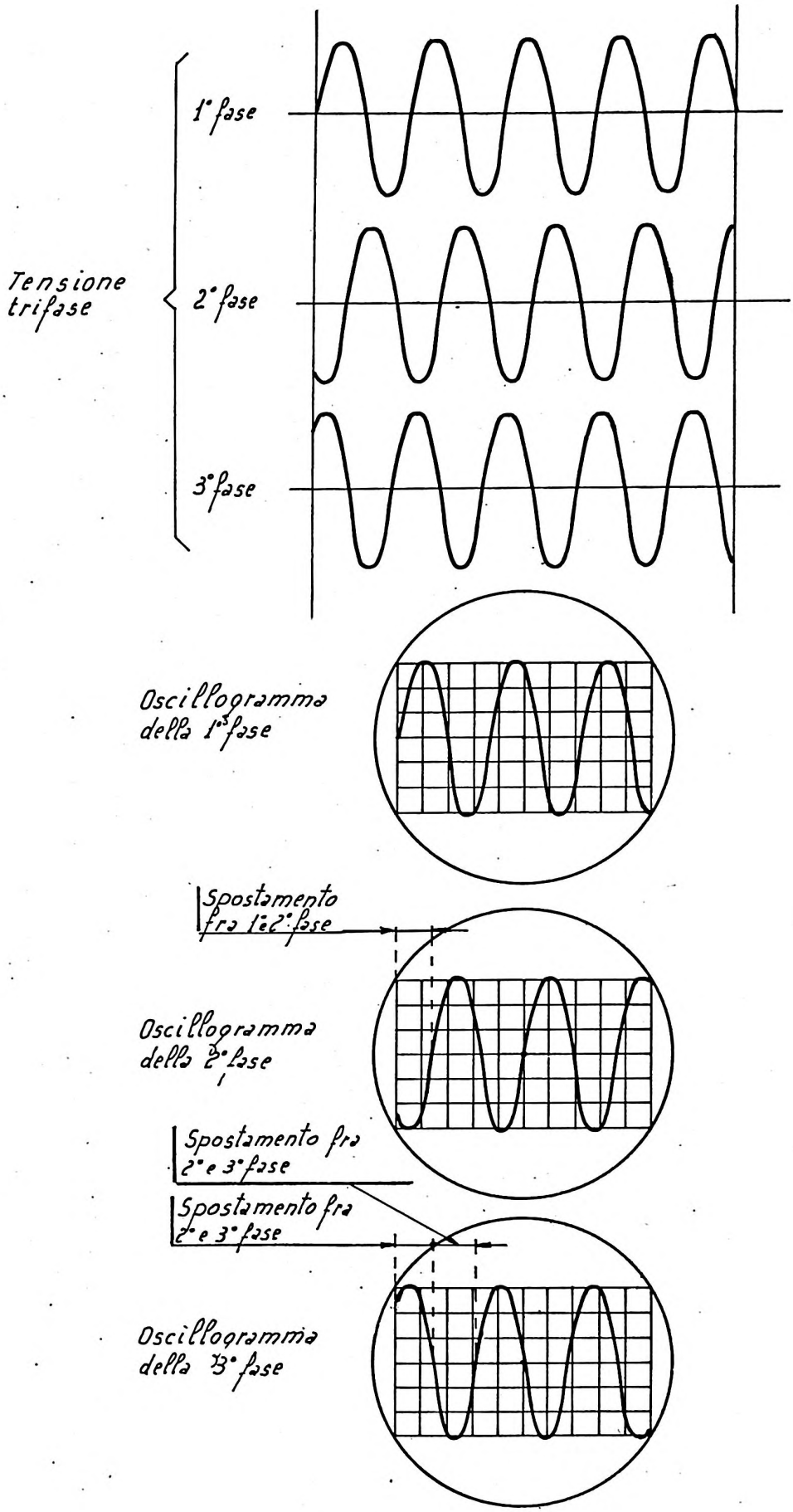


Fig. 8.4.2 Osservazione di una tensione trifase con controllo degli sfasamenti con l'oscilloscopio sincronizzato su "rete" (si suppone che la fase di rete sia la 1ª).

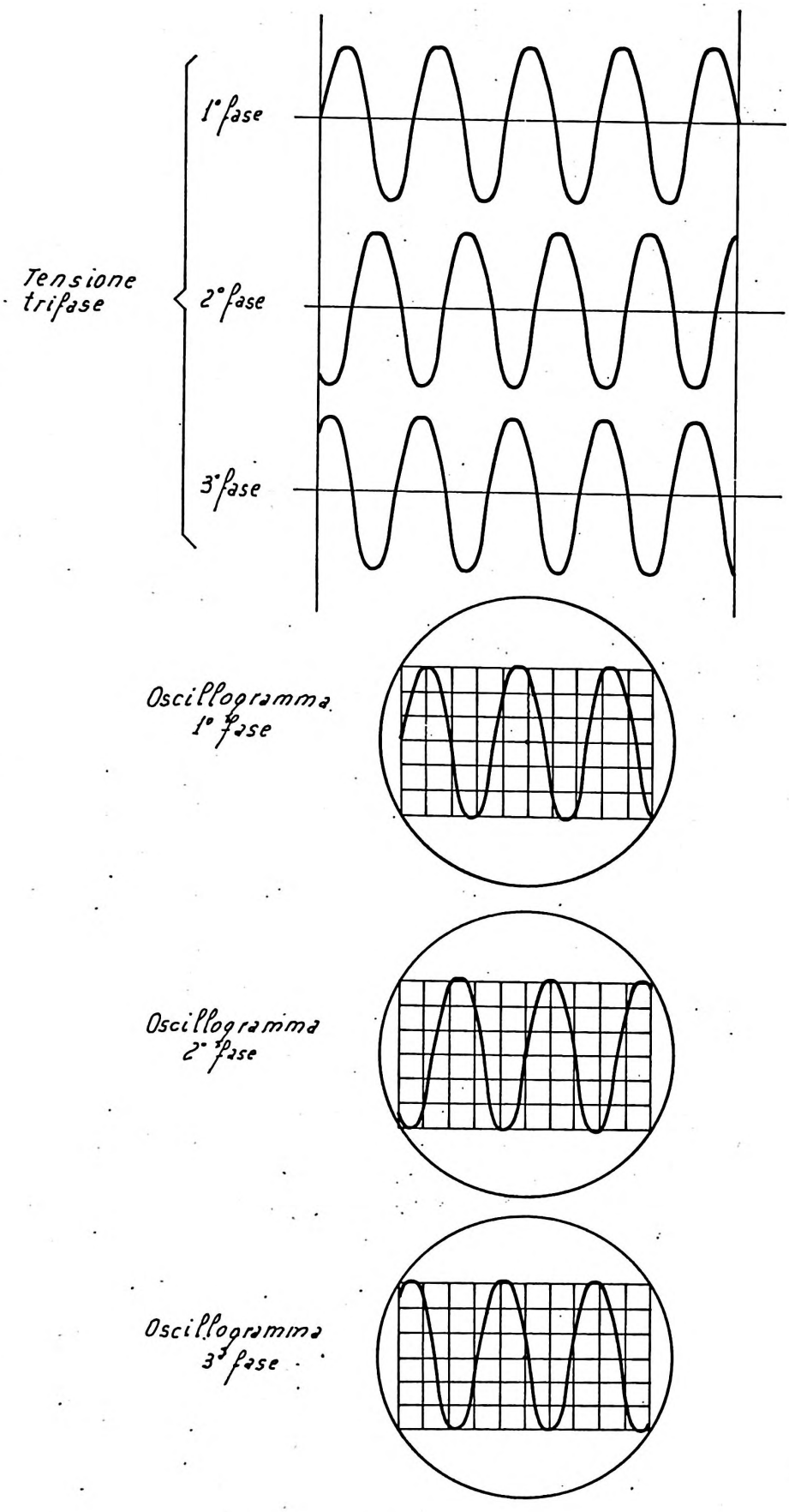


Fig. 8.4.3 Osservazione di una tensione trifase con controllo degli sfasamenti fra le tre fasi con l'oscilloscopio sincronizzato in "esterno" sulla fase 1.

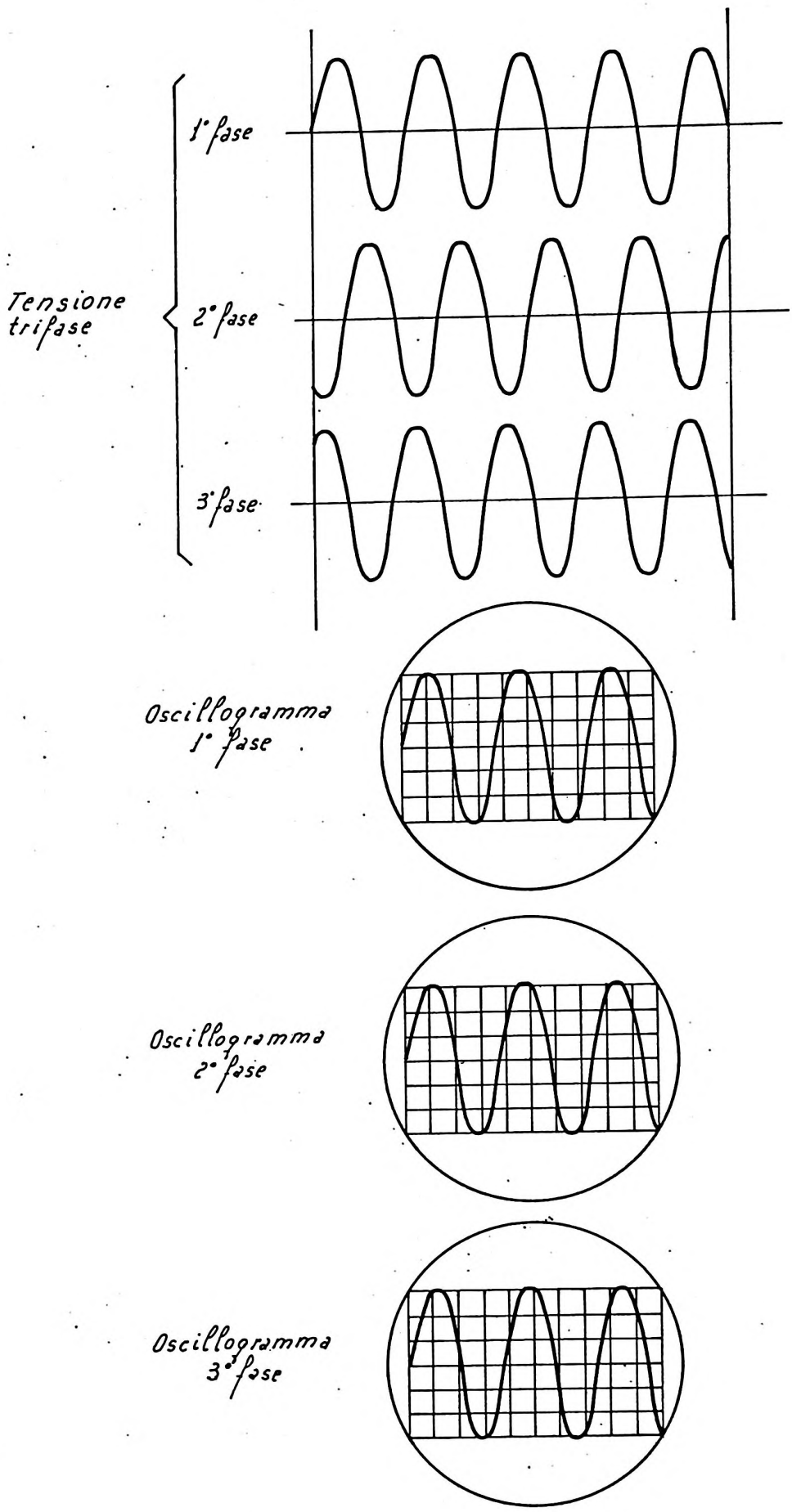


Fig. 8.4.4 Osservazione di una tensione trifase con l'oscilloscopio sincronizzato " interno " . Non é possibile il controllo degli sfasamenti tra le tre fasi.

DOMANDE

a) Qual'é la ragione per la quale si inserisce nel canale verticale una linea di ritardo ?

.....
.....

b) In quale punto del canale verticale viene inserita la linea di ritardo e per quale ragione ?

.....
.....

c) Qual'é la ragione per la quale viene soppressa la traccia durante il tempo di ritorno del dente di sega e come viene soppressa ?

.....
.....

d) Che cosa si intende per modulazione dell'asse Z e dove agisce il circuito che la comanda ?

.....
.....

e) Qual'é la funzione del commutatore di selezione della sorgente dei segnali di sincronismo ?

.....
.....

f) Quante e quali sono le sorgenti di segnali che possono essere utilizzate per far partire il dente di sega ?

.....
.....

RISPOSTE

a) Per compensare i ritardi introdotti dal circuito del dente di sega in modo da poter visualizzare gli stessi fronti del segnale in osservazione che hanno determinato lo sgancio del dente di sega stesso.

b) Viene inserita fra il preamplificatore e l'amplificatore, luogo questo ove i segnali sono sufficientemente ampi. Ciò comporta che i disturbi introdotti sono di piccola ampiezza rispetto al segnale da visualizzare.

c) Si sopprime la traccia di ritorno per evitare di far comparire sullo schermo delle parti di traccia che possono rendere meno comprensibile l'andamento del segnale in esame. Tale soppressione viene ottenuta mettendo in serie al circuito di polarizzazione negativa di griglia del T.R.C. la tensione che presenta l'uscita reset del flip-flop che comanda la partenza del dente di sega.

d) Si intende far variare la intensità del segnale in esame durante il fronte di salita del dente di sega. Si ottiene questo effetto agendo sulla tensione di polarizzazione del catodo del T.R.C.

e) Permette di stabilire la scelta della sorgente che fornisce il segnale che sgancia il dente di sega.

f) Tre e sono denominate : interno, il dente di sega parte con il segnale da osservare. Esterno, il dente di sega parte con un segnale applicato all'apposito morsetto. Rete, il dente di sega parte in sincronismo con la frequenza della rete che alimenta l'oscilloscopio.

LEZIONE 9

Tempo di studio
30 minuti

9. ACCESSORI DELL'OSCILLOSCOPIO

9.1. SONDA DI TENSIONE

Come si é già accennato l'oscilloscopio é provvisto di un attenuatore del segnale di ingresso che ha il compito di ridurre l'ampiezza dei segnali da visualizzare che superano un certo valore. Tavolta anche l'efficacia dell'attenuatore é ridotta, cio si verifica quando le tensioni da esaminare sono maggiori della massima prevista per il tipo di attenuatore incorporato nell'oscilloscopio stesso.

Onde poter rendere più ampia la gamma di valori misurabili ed osservabili, normalmente, si corre da l'oscilloscopio con degli elementi accessori che prendono il nome di "sonde" o, con terminologia inglese di "probes". Queste sonde hanno lo scopo di prelevare la tensione da un punto del circuito in esame e di portarla all'ingresso verticale dell'oscilloscopio attenuando il segnale di una certa entità.

Le sonde si presentano come dei sottili cavi schermati che inseriscono, tra la tensione da misurare e l'ingresso dell'oscilloscopio, una resistenza il cui valore varia al variare del tipo di sonda, e quindi dell'attenuazione, che si desidera ottenere.

In Fig. 9.1.1 é riportato : uno schema di

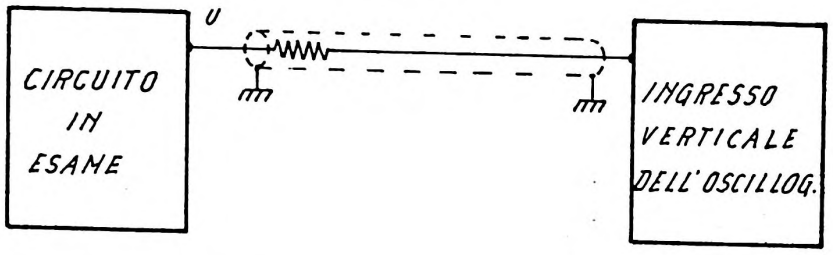


Fig. 9.1.1 Collegamento fra circuito in esame e oscilloscopio tramite una sonda.

un collegamento tramite una sonda fra un circuito in esame e l'oscilloscopio.

Il tipo di collegamento evidenziato in Fig. 9.1.1 produce una riduzione del segnale in osservazione.

Infatti l'ingresso verticale dell'oscilloscopio presenta una impedenza formata da una resistenza Re di 1 MOhm e da una capacità Ce il cui ordine di grandezza si aggira sui 20 pF. Tale valore di capacità risulta dagli accoppiamenti verso massa dei collegamenti interni dell'oscilloscopio. Tenendo presente quanto detto sopra il circuito di Fig. 9.1.2 dalla quale si nota che l'attenuazione del segnale é in funzione del valore che si attribuisce alla resistenza R, in quanto si forma un partitore resistivo tra R ed Re.

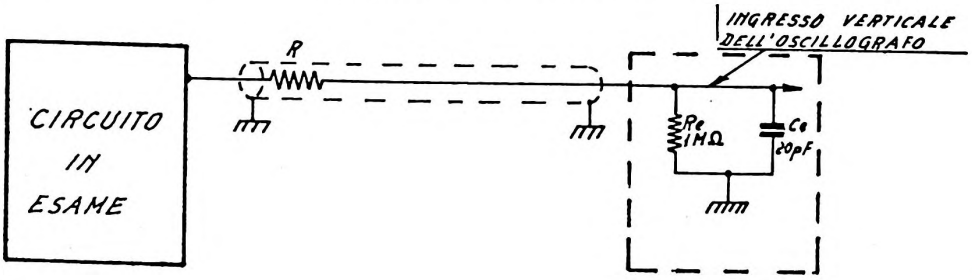


Fig. 9.1.2 Resistenza e capacità di ingresso di un oscilloscopio.

In un partitore resistivo la tensione totale (V x) sta alla resistenza totale (R + Re) come la tensione di partizione (Ve) sta alla resistenza di partizione (Re).

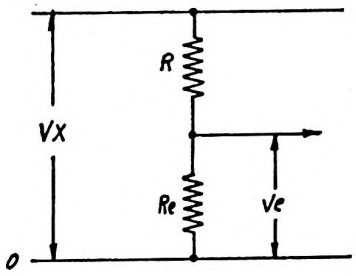


Fig. 9.1.3 Partitore resistivo formato dalle resistenze della sonda e la resistenza di ingresso dell'oscilloscopio.

Supponendo di avere :

R = 9 M

Re= 1 M

l'attenuazione che si ottiene é data da :

$$\frac{Vx}{Ve} = \frac{R + Re}{Re} = \frac{9 + 1}{1} = 10$$

per cui applicando all'ingresso della sonda un certo segnale, lo stesso verrà trasferito all'ingresso dell'oscilloscopio attenuato 10 volte.

Un tipo di sonda dotato della sola resistenza può essere valido per misurazioni di sole tensione continue in quanto il partitore formato da R e da Re attenua senza inconvenienti le tensioni di questo tipo.

Poiché, sia l'oscilloscopio che il cavo delle sonde presentano una capacità verso massa, se si indica con Ce la capacità d'ingresso dell'oscilloscopio e Cc la capacità del cavo si ha una capacità totale

$$Ct = Ce + Cc$$

Quando si vuole misurare una tensione alternata si deve tener conto della capacità Ct. In tal caso é necessario formare anche un partitore capacitivo che attenui i segnali alternati della stessa quantità del partitore resistivo.

Poiché il valore della capacità Ct non é costante per ogni oscilloscopio di un certo tipo, é necessario porre in parallelo a R un condensatore Cx tarabile il cui valore si adatti a tutti gli oscilloscopi di un certo tipo. Introducendo la capacità variabile il collegamento di Fig. 9.1.3 si presenterà come quello di Fig. 9.1.4.

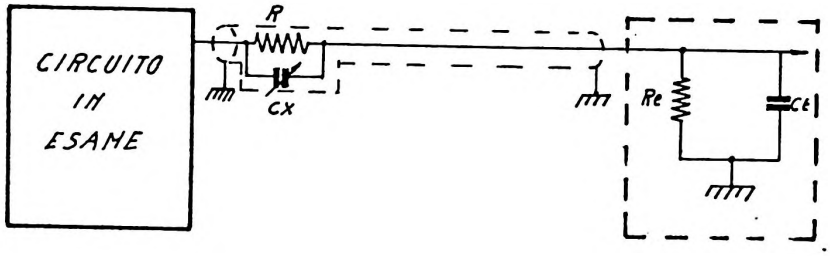


Fig. 9.1.4 Capacità tarabile nella sonda.

Quindi una sonda é costituita da un sottile cavo schermato il quale alla estremità che si collega al segnale da esaminare, termina con una resistenza e una capacità variabile racchiusi in un apposito contenitore anch'esso schermato. Il valore della capacità può essere modificato manualmente variando la distanza fra le armature che la costituiscono in modo da realizzare la eguaglianza fra l'attenuazione del partitore resistivo e quello capacitivo.

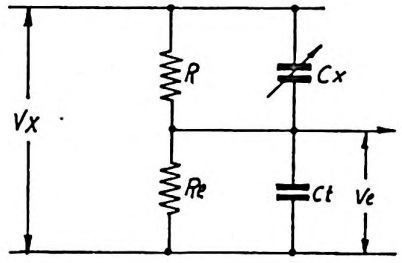


Fig. 9.1.5 Partitore resistivo e capacitivo per segnali alternati.

Per calcolare l'attenuazione del partitore resistivo si sono considerate le resistenze secondo la formula

$$\text{Attenuazione} = \frac{R + Re}{Re}$$

Per calcolare l'attenuazione del partitore capacitivo é necessario considerare le reattanze offerte dalle due capacità.

Per una data frequenza f la reattanza di Cx e di Ct risulta uguale rispettivamente a :

$$Xcx = \frac{1}{2\pi f Cx} \qquad e \qquad Xct = \frac{1}{2\pi f Ct}$$

In questo caso la tensione totale (Vx) sta alla reattanza totale (Xcx + Xct) come la tensione di partizione (Ve) sta alla reattanza di partizione (Xct) .

$$\text{Attenuazione} = \frac{Vx}{Ve} = \frac{Xcx + Xct}{Xct}$$

da cui si ottiene :

$$\text{Attenuazione} = \frac{\frac{1}{2\pi f\ Cx} + \frac{1}{2\pi f\ Ct}}{\frac{1}{2\pi f\ Ct}} =$$

$$= \frac{\frac{1}{2\pi f}\left(\frac{1}{Cx} + \frac{1}{Ct}\right)}{\frac{1}{2\pi f} \cdot \frac{1}{Ct}} = \frac{\frac{Cx + Ct}{Cx \cdot Ct}}{\frac{1}{Ct}} = \frac{Cx + Ct}{Cx \cdot \cancel{Ct}} \cdot \cancel{Ct}$$

In definitiva : $\text{Attenuazione} = \frac{Cx + Ct}{Cx}$

Dalla formula finale del calcolo della attenuazione si nota che essa risulta indipendente dal valore della frequenza del segnale applicato oscilloscopio.

Poiché il partitore resistivo dà una attenuazione di 10 volte, é necessario che anche il partitore capacitivo dia luogo a questo valore di attenuazione, per cui in ultima analisi, é necessario trovare il valore da attribuire a Cx per ottenere dal partitore capacitivo una attenuazione di 10 volte.

Supponendo di avere Ce = 20 pF e Cc = 7 pF, Ct = 27 pF, per cui

$$\text{Att. } 10 = \frac{Cx + Ct}{Cx} = \frac{Cx}{Cx} + \frac{Ct}{Cx} = 1 + \frac{Ct}{Cx}$$

da cui si ricava

$$Cx = \frac{Ct}{10-1} = \frac{27}{9} = 3 \text{ pF}.$$

9.2. IMPEDENZA D'INGRESSO CON L'UTILIZZAZIONE DELLA SONDA

Quando viene utilizzata la sonda per portare un segnale all'oscilloscopio, oltre alla riduzione del segnale si ottiene un altro vantaggio notevole cioé quello di aumentare notevolmente l'impedenza d'ingresso dell'oscilloscopio stesso. Ciò fa si che dal circuito, del quale si vuol misurare il segnale, sia richiesta una corrente notevolmente inferiore.

La diminuzione di corrente richiesta dal circuito é in funzione della resistenza inserita nella sonda.

Nel caso preso in considerazione nel paragrafo precedente dove la R della sonda faceva ottenere una attenuazione di 10 volte, si ottiene anche una riduzione di corrente di 10 volte.

Altra particolarità interesante che deriva dall'uso della sonda é l'assenza di disturbi all'ingresso dell'oscilloscopio dovuta al fatto che la sonda é schermata.

Inoltre quando la sonda é tarata opportunamente si trova ad avere una "banda passante" superiore a quella che si può avere con un comune filo di collegamento. Ciò perché un filo presenta una capacità e una induttanza che dipende dalle sue dimensioni ciò che talvolta proca l'entrata in risonanza del segnale che si desidera visualizzare.

9.3. TARATURA DELLA SONDA

La sonda, per portare all'ingresso dell'oscilloscopio un segnale avente una certa frequenza e per far in modo che lo stesso segnale non si visualizzi sullo schermo in maniera distorta deve essere preventivamente tarata.

A tale scopo in ogni oscilloscopio é incorporato un oscillatore ad onda quadra ad ampiezza tarata avente la frequenza di 1 Kciclo. La particolarità più interessante dell'oscillatore é data dai fronti di salita dell'onda quadra che comprendono la frequenza del la banda passante dell'oscilloscopio stesso. Nella parte frontale dell'oscilloscopio si trova una uscita alla quale fanno capo i segnali dell'oscillatore. Ciò consente di collegarvi un capo della sonda mentre l'altro capo é collegato all'ingresso verticale.

Si può così analizzare l'andamento dell'onda quadra sullo schermo, interessando il circuito della sonda.

Tale taratura si può effettuare agendo opportunamente sul valore della sonda stessa.

Osservando il segnale di 1 Kciclo sullo schermo si può presentare una delle tre forme d'onda di Fig. 9.3.1.

In tale figura sono riportati tre esempi di oscillogrammi tipici che si possono ottenere agendo sul condensatore variabile della sonda.

I tre casi indicano che la capacità della sonda ha un valore :

a) scarso per cui non riesce a compensare la capacità d'ingresso dell'oscilloscopio. (In questo caso vengono maggiormente attenuate le alte frequenze)

b) esatto per cui compensa esattamente la capacità di ingresso dell'oscilloscopio e la visualizzazione del l'onda quadra é corretta. (Vengono attenuate in egual misura le alte e le basse frequenze)

c) eccessivo, per cui sovracompensa la capacità di ingresso dell'oscilloscopio (Vengono attenuate di meno le alte frequenze).

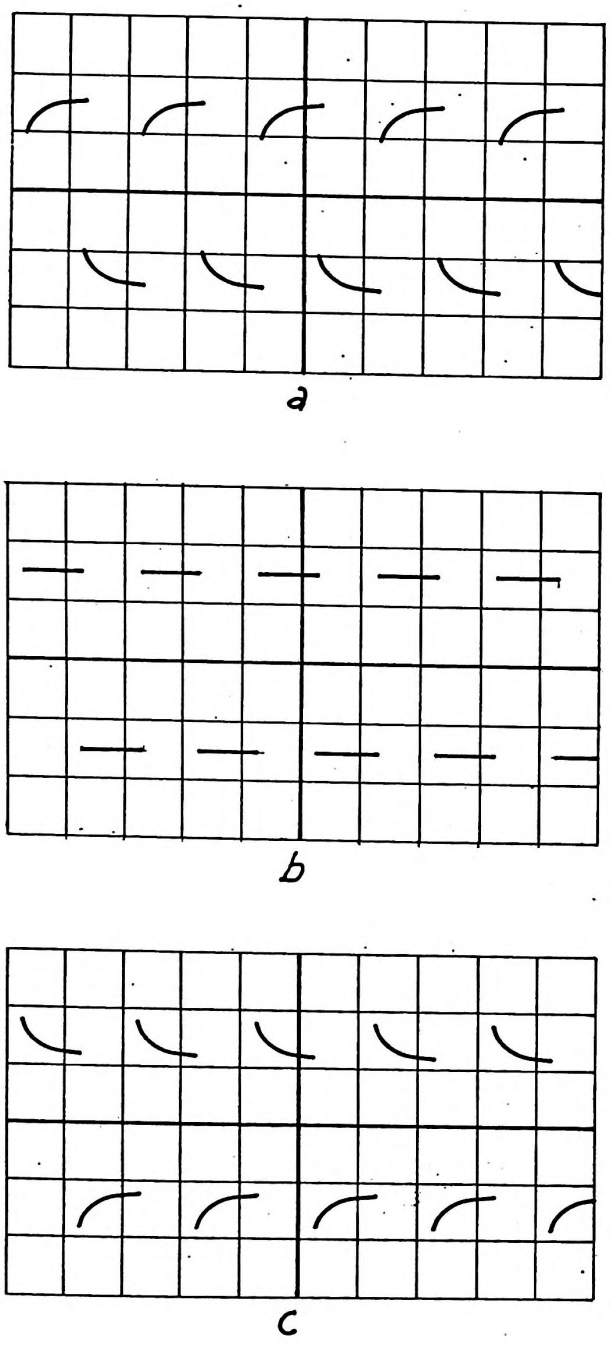


Fig. 9.3.1 Oscillogrammi tipici ottenuti durante la taratura di una sonda.

9.4. MISURE DI CORRENTI CONTINUE ED ALTERNATE

A volte si rende necessario osservare l'andamento o misurare il valore di una corrente. Per ottenere questo risultato, quando é possibile, si fa passare la corrente in esame attraverso una resistenza di valore noto.

Si va poi ad esaminare la tensione ai capi della resistenza rilevandone il valore. Il valore della tensione rilevato può fornire il valore della corrente dato che é noto il valore della resistenza. Infatti per la legge da Ohm si ha :

$$I = \frac{V}{R}$$

dove :

- V é la tensione rilevata tramite l'oscilloscopio
- R é la resistenza di valore noto inserita nel circuito in esame.

Il valore della resistenza deve essere molto piccolo allo scopo di non modificare il valore della corrente stessa.

9.5. MISURE DI CORRENTI ALTERNATE MEDIANTE LA SONDA DI CORRENTE

Qualora non si abbia la possibilità o non sia conveniente inserire nel circuito in esame una resistenza si deve adottare un altro procedimento per la misurazione della corrente. Tale procedimento consiste nell'uso della sonda di corrente la quale risulta costituita da un trasformatore. Il filo percorso dalla corrente in esame rappresenta il primario del trasformatore.

gimento i cui estremi vengono collegati all'ingresso del l'oscilloscopio (Fig. 9.5.1).

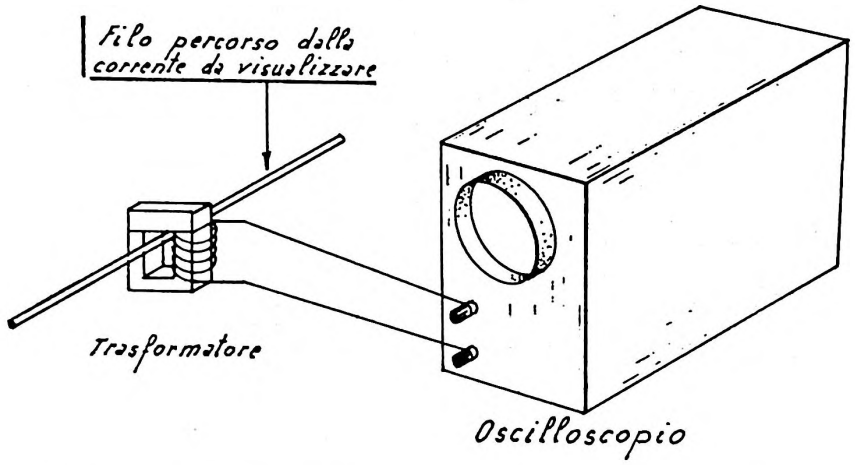


Fig. 9.5.1 Collegamento fra sonda di corrente e oscilloscopio.

La tensione presente agli ingressi dell'oscilloscopio é proporzionale al valore della corrente che circola nel filo del circuito in esame in relazione alle caratteristiche costruttive della sonda. In ogni sonda é riportato il valore della tensione che si visualizza in funzione della corrente che circola nel filo in esame.

Per esempio se una sonda presenta la scrittura 1 mA = 1 V significa che per ogni forma d'onda di corrente che circola nel filo in esame e che presenta un'ampiezza di 1 mA sull'oscilloscopio si visualizza una forma d'onda avente un'ampiezza di 1 v.

Per facilitare l'introduzione del filo in esame all'interno del nucleo del trasformatore, la parte superiore di quest'ultimo solitamente può scorrere avanti o indietro.

DOMANDE

a) Quali sono le funzi oni della sonda di tensione ?

.....
.....

b) A che cosa serve la capacità variabile contenuta nella sonda ?

.....
.....

c) Qual'é la funzione della sonda di corrente ?

.....
.....

d) Nella sonda di corrente che sfrutta il principio del trasformatore, come si risale dal valore della tensione visualizzata sull'oscillografo, al valore della corrente in esame ?

.....
.....

e) Perché non é sempre possibile effettuare una misura di corrente mediante una resistenza di valore noto ?

.....
.....

RISPOSTE

a) Le funzioni della sonda di tensione sono :

- trasferire i segnali da visualizzare all'ingresso dell'oscilloscopio schermandoli dai disturbi
- aumentare l'impedenza d'ingresso dell'oscillo - scopio
- attenuare l'ampiezza dei segnali da visualizza - re.

b) Serve a formare un partitore capacitivo che in - troduca un valore di attenuazione dei segnali al - ternati uguale a quello provocato dal partitore re sistivo per i segnali in tensione continua.

c) La funzione della sonda di corrente é quella di trasformare la forma d'onda della corrente in e same in una forma d'onda di tensione visualizza- bile sull'oscilloscopio.

d) Nella targhetta della sonda é scritto il valore di corrente che attraversa la sonda per il quale si ottiene sullo schermo la corrispondente variazio- ne di tensione.

e) Perché non é sempre possibile tagliare il filo per corso dalla corrente in esame per inserirvi la re sistenza, e perché, talvolta, l'inserimento di una resistenza, anche se di valore minimo, può alte - rare sensibilmente il valore della corrente in esa- me.

LEZIONE 10

Tempo di studio
1 ora

10. OSCILLOSCOPI A DOPPIA TRACCIA

10.1. OSCILLOSCOPIO CON DOPPIO CANNONE ELETTRONICO

A volte può essere necessario osservare contemporaneamente l'andamento di due fenomeni, questo allo scopo di avere un confronto diretto fra i due oscillogrammi relativi.

Per ottenere tale risultato esistono degli oscilloscopi detti "a doppia traccia" i quali permettono la formazione contemporanea di due tracce sullo schermo del T.R.C. (Fig. 10.1.1).

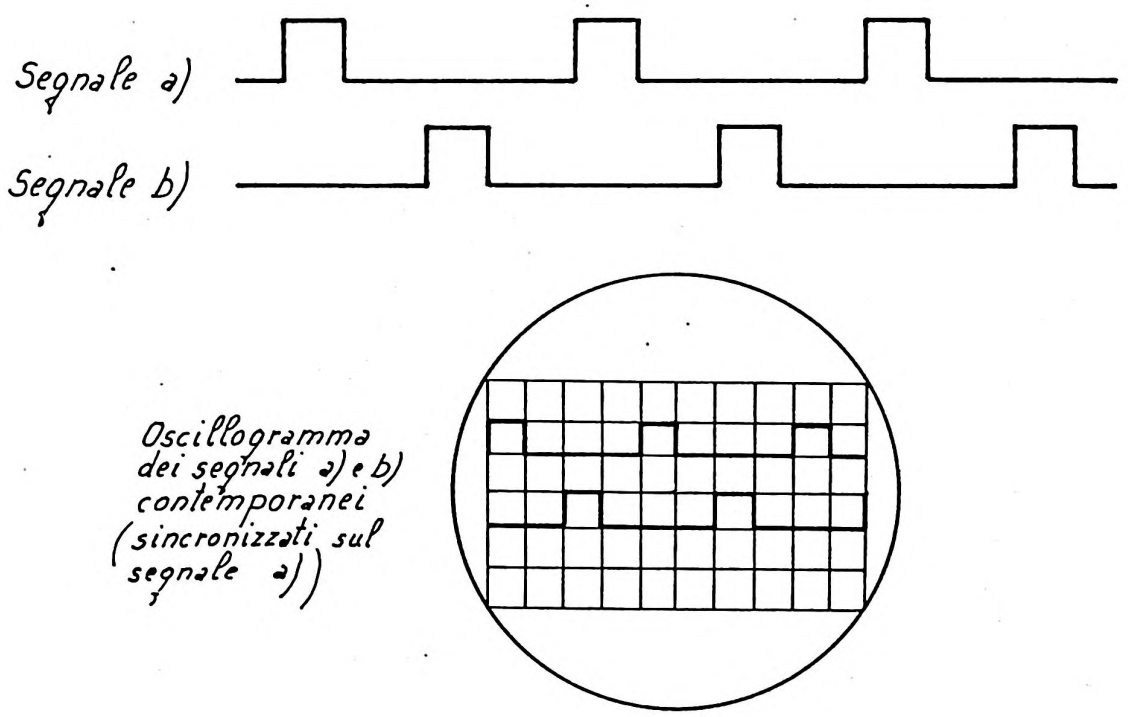


Fig. 10.1.1 Osservazione contemporanea di due segnali.

Il sistema più semplice adottato per ottenere due tracce contemporanee é quello di riunire in un unico T.R.C. di due.

Si sono così costruiti dei T.R.C. dotati di due cannoni elettronici e di due sistemi di deflessioni verticali ed orizzontali (Fig. 10.1.2).

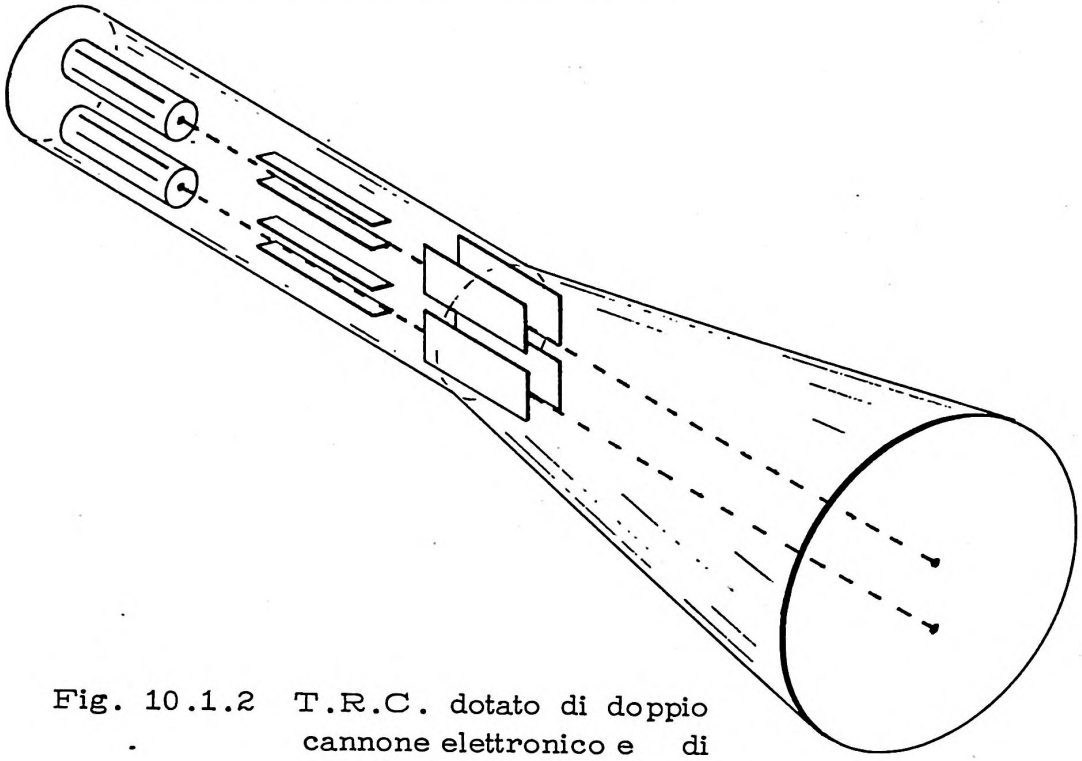


Fig. 10.1.2 T.R.C. dotato di doppio cannone elettronico e di doppio sistema di deflessione.

In tale T.R.C. ognuna delle due coppie di placchette di deflessione verticale é dotato di un proprio circuito e di un proprio ingresso di comando, mentre per le due coppie di placchette di deflessione orizzontale ricevono gli stessi impulsi a dente di sega (figura 10.1.3).

Con questo tipo di oscilloscopio le tracce possono essere relative a due segnali diversi (Fig. 10.1.1) ma, dato che la base dei tempi é la stessa per ambedue, tali segnali devono avere la stessa frequenza, o essere multipli o sottomultipli fra di loro.

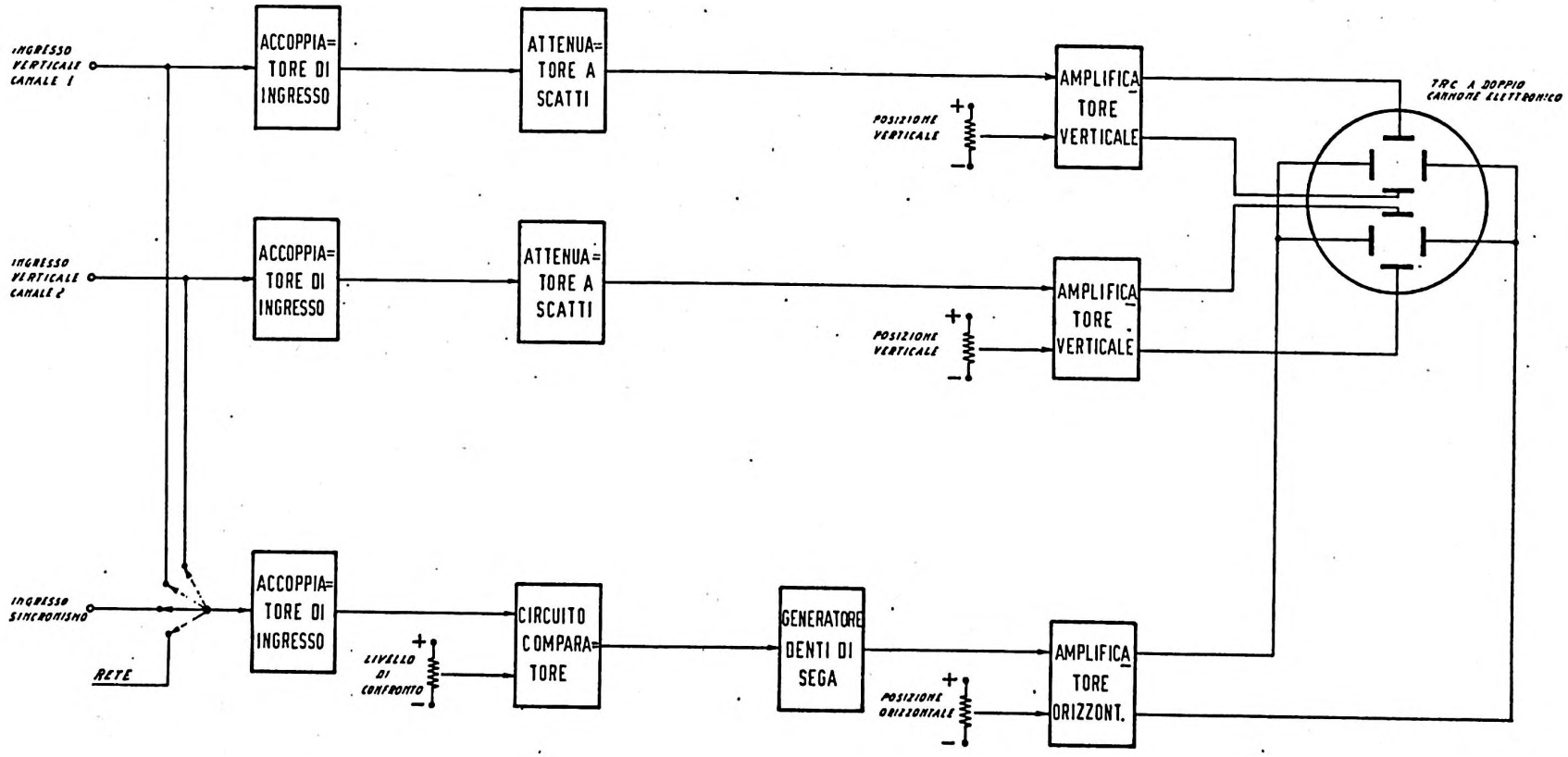


Fig. 10.1.3 Schema a blocchi di un oscilloscopio a doppia traccia con T.R.C. a doppio cannone elettronico.

10.2. OSCILLOSCOPIO CON COMMUTATORE A TRACCE ALTERNATE

Si può ottenere la doppia traccia sullo schermo anche con sistemi che utilizzano T.R.C. normali ad un solo cannone elettronico.

Questo é possibile suddividendo il tempo di utilizzazione dell'unico cannone elettronico fra i due segnali.

Con il T.R.C. a doppio cannone, durante ogni dente di sega si formano contemporaneamente due tracce relative ai due ingressi.

Con un T.R.C. a semplice cannone, durante i denti di sega dispari si forma la traccia relativa ad un ingresso e durante i denti di sega pari si forma la traccia relativa all'altro ingresso.

Se i denti di sega si succedono ad una frequenza sufficientemente elevata data la persistenza visiva e della luminosità dello schermo, si ha l'impressione che le due tracce si manifestano contemporaneamente.

Si supponga di voler visualizzare in doppia traccia i segnali a) e b) di Fig. 10.2.1 con uno oscilloscopio dotato di un T.R.C. normale.

Se l'oscilloscopio é dotato di circuiti che consentono, tramite i denti di sega dispari, la formazione sullo schermo del T.R.C. dell'oscillogramma del segnale a) e tramite i denti di sega pari, quella del segnale b) si avrà una visualizzazione dei segnali come quella indicata al punto d) della Fig. 10.2.1.

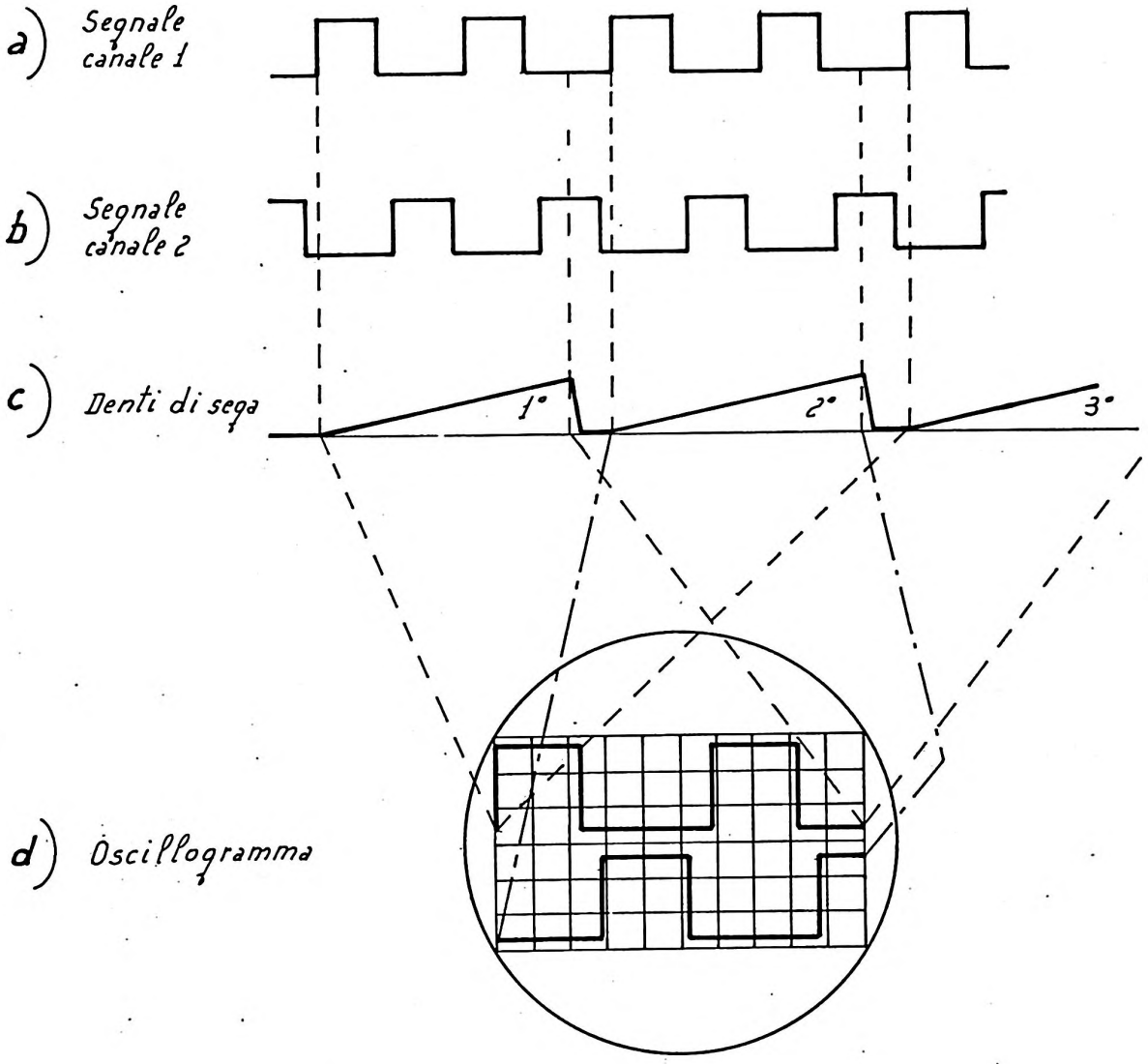


Fig. 10.2.1 Formazione di due tracce in modo alternato (una dopo l'altra).

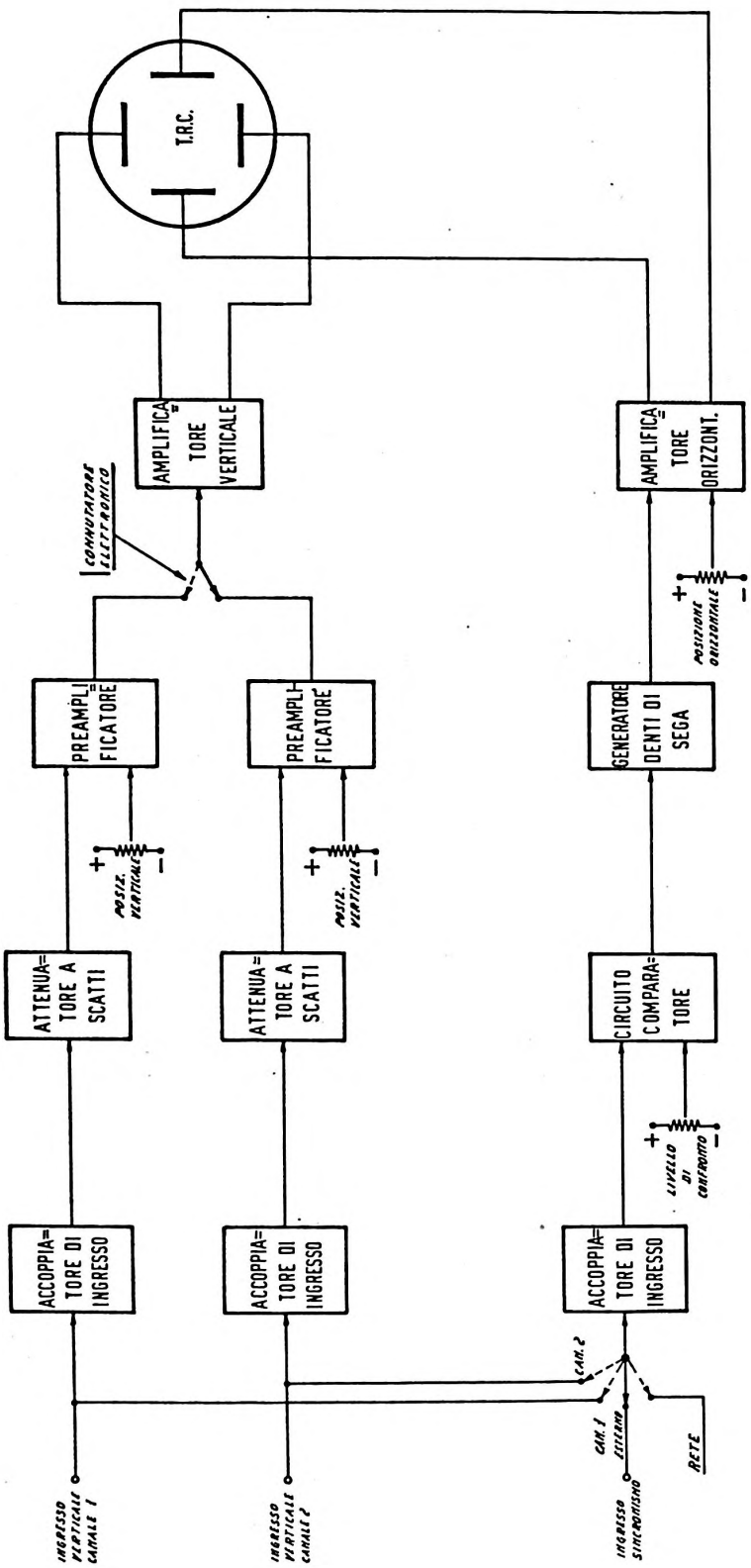


Fig. 10.2.2 Schema a blocchi di un oscilloscopio a doppia traccia con commutatore elettronico.

Per realizzare il funzionamento descritto, all'interno dell'oscilloscopio é stato inserito un circuito, comunemente denominato "commutatore elettronico", che può essere rappresentato come un deviatore che ha lo scopo di inviare alle placchette di deflessione verticali i segnali provenienti da uno o dall'altro dei due ingressi in tempi successivi (Fig. 10.2.2).

Tale commutatore é stato posto dopo i preamplificatori cioé in un punto del circuito nel quale i segnali hanno già una sufficiente ampiezza, in modo che questi ultimi non vengono influenzati dal funzionamento del commutatore elettronico stesso.

Da un punto di vista logico, quest'ultimo risulta costituito da un circuito composto da 2 AND e da 1 OR, collegati nel modo indicato in Fig. 10.2.3.

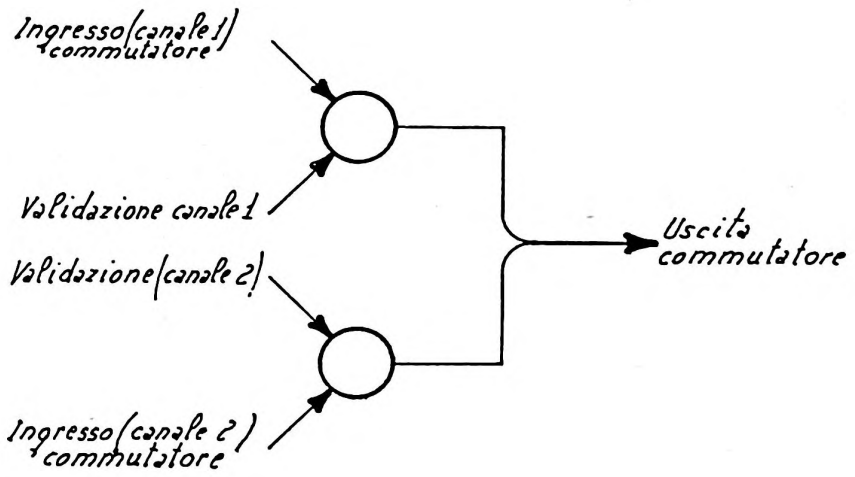


Fig. 10.2.3 Schema logico del commutatore elettronico.

Tale circuito funziona nel modo seguente :

Quando é presente la validazione del canale 1 non é presente la validazione per il canale 2 o viceversa.

Nel caso in cui é presente la validazione del canale 1 all'uscita del commutatore sono presenti i segnali applicati all'ingresso del canale 1, mentre i segnali applicati all'ingresso del canale 2 vengono bloccati : quando poi é presente la validazione del canale 2, all'uscita del commutatore sono presenti i segnali applicati all'ingresso del canale 2, mentre i segnali applicati all'ingresso del canale 1, vengono bloccati .

Il circuito di comando del commutatore é costituito da un flip-flop montato a contatore (Fig.10.2.4) e riceve in ingresso degli impulsi del flip-flop che genera i denti di sega.

In tal modo il flip-flop, commuta ad ogni impulso a dente di sega, e si ottiene così la validazione di un canale quando il flip-flop si trova in set e la validazione dell'altro quando si trova in reset (figura 10.2.5).

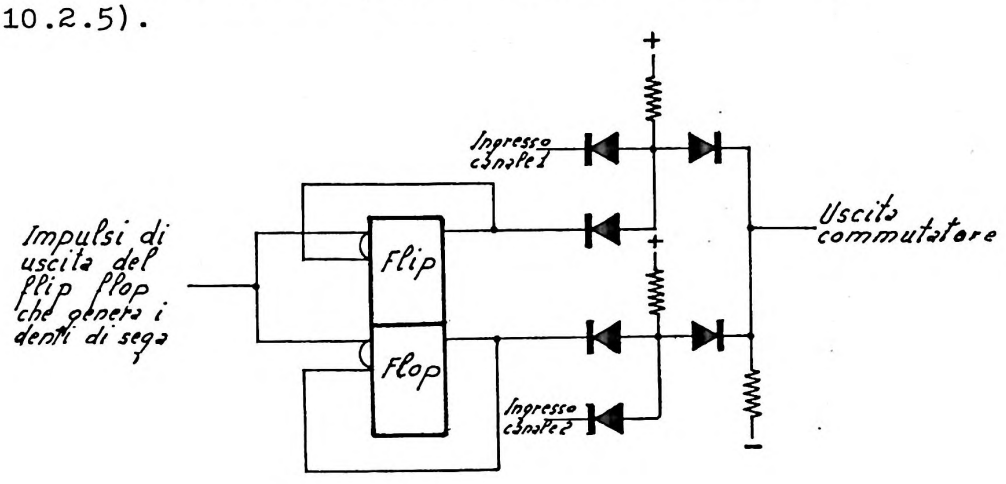


Fig. 10.2.4 Realizzazione pratica del commutatore elettronico e logica di comando.

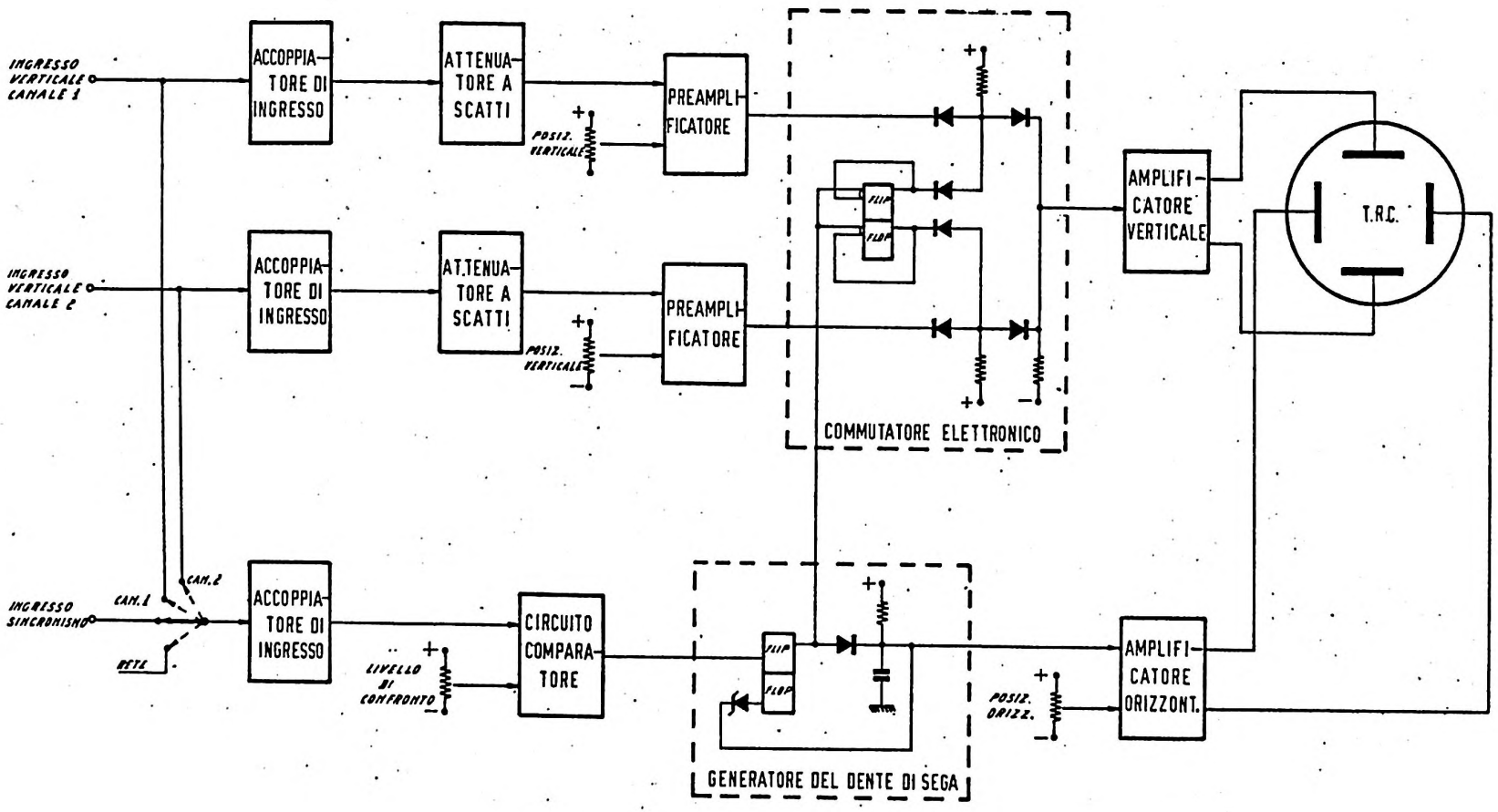


Fig. 10.2.5 Schema a blocchi di un oscilloscopio a doppia traccia con commutatore elettronico.

Supponendo che il flip-flop che comanda la generazione dei denti di sega dia in uscita il segnale di figura 10.2.6, i segnali di validazione degli ingressi dei due canali avranno l'andamento indicato nella stessa figura.

Si fa notare che il flip-flop utilizzato del commutatore elettronico, montato a contatore, cambia stato sui fronti di discesa del segnale di comando.

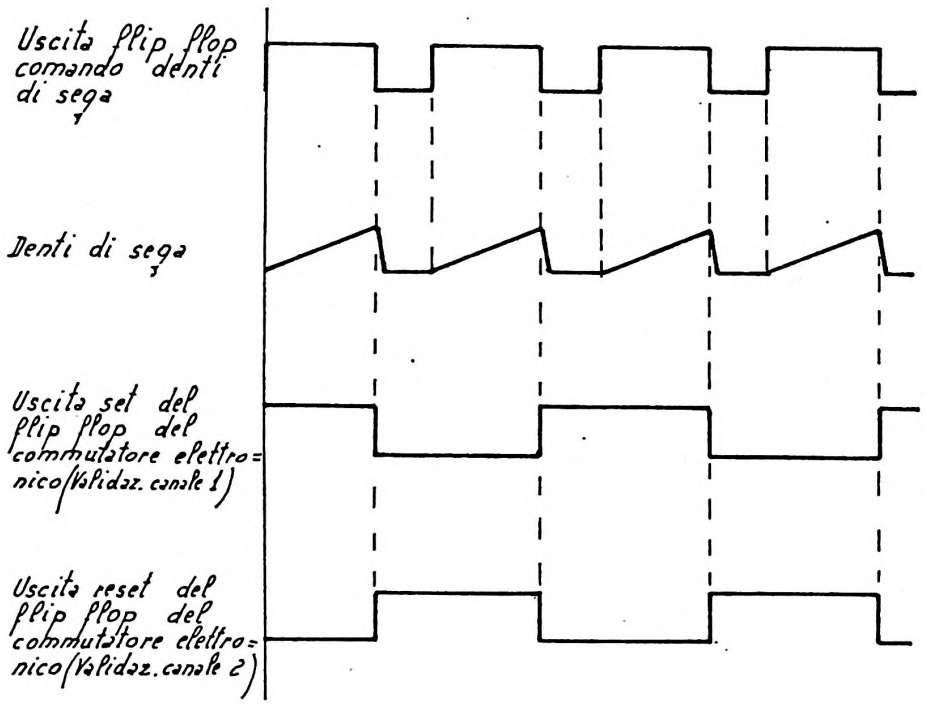


Fig. 10.2.6 Andamento dei segnali di validazione dei due canali verticali.

10.3. OSCILLOSCOPIO CON COMMUTATORE ELETTRONICO A TRACCE SPEZZATE

E' possibile ottenere la doppia traccia con un tubo a raggi catodici ad un solo cannone elettronico, utilizzando il commutatore elettronico in un modo diverso da quello presentato.

Infatti, il commutatore elettronico può abilitare la osservazione dei segnali applicati ai due ingressi, oltre che a tracce complete alternate, a piccoli pezzi di traccia alternati.

In questo modo durante ogni dente di sega si effettua la osservazione di frazioni alternate di ambedue i segnali (Fig. 10.3.1).

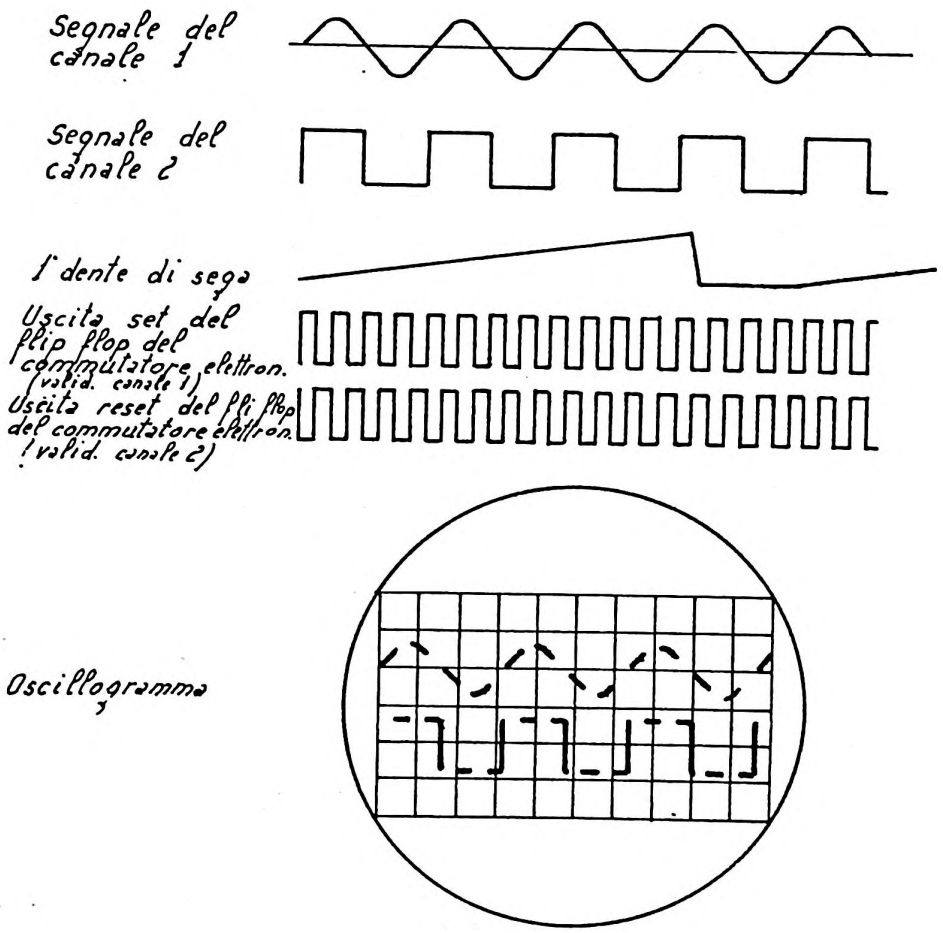


Fig. 10.3.1 Osservazione "contemporanea" di due tracce a pezzi alternati successivi (1° dente di sega).

Se si fa in modo che la frequenza di commutazione del commutatore elettronico risulti indipendente da quella dei denti di sega e dal quella dei segnali in osservazione, é molto improbabile che al successivo dente di sega si effettuti la visualizzazione dei due segnali negli stessi punti dell'esempio precedente.

Si potrà così dare il caso riportato in Fig.10.3.2, nel quale i pezzi di tracce mostrati dal 2° dente di sega, in parte si sovrappongono a quelli del 1° ed in parte si affiancano agli stessi.

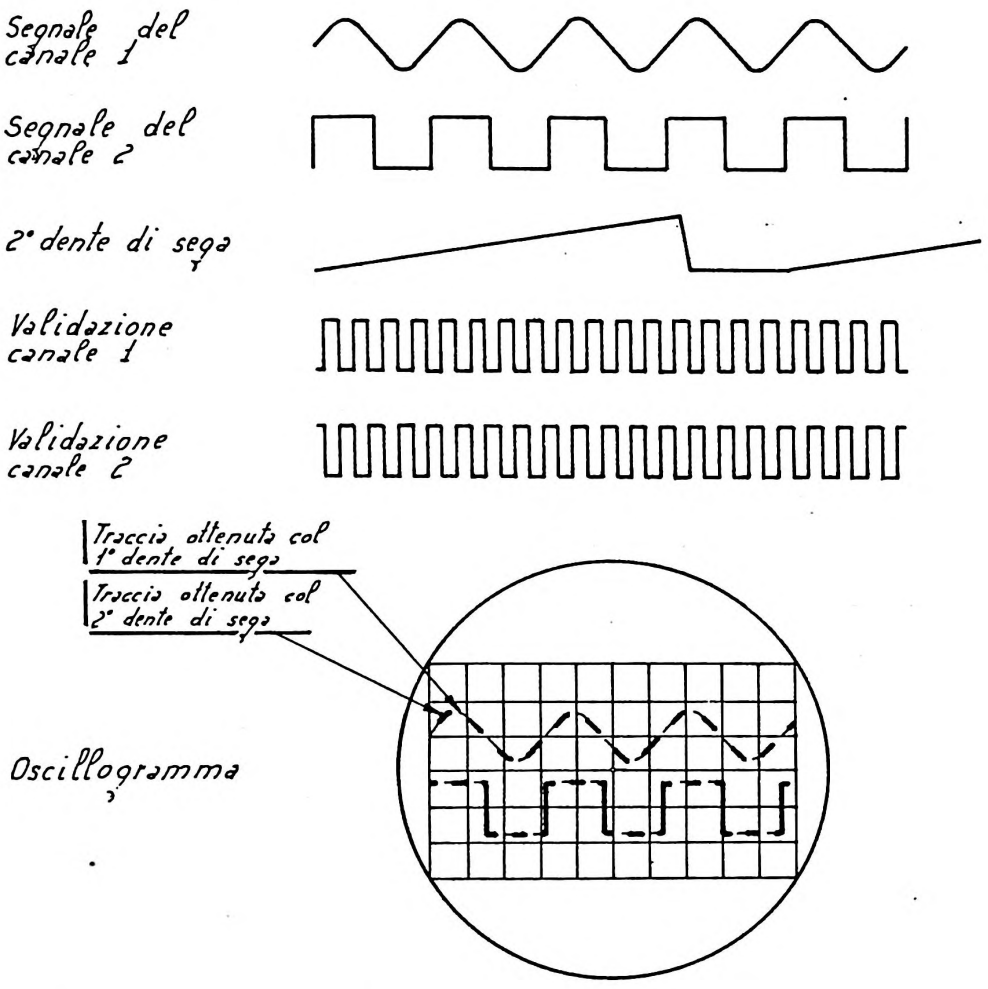


Fig. 10.3.2 Osservazione "contemporanea" di due tracce a pezzi alternati successivi(2° dente di sega).

Procedendo in questo modo, dopo un certo numero di denti di sega, se questi si manifestano ad una frequenza sufficientemente elevata, data la persistenza della luminosità dello schermo si avrà l'impressione di osservare contemporaneamente ambedue le tracce complete (Fig. 10.3.3).

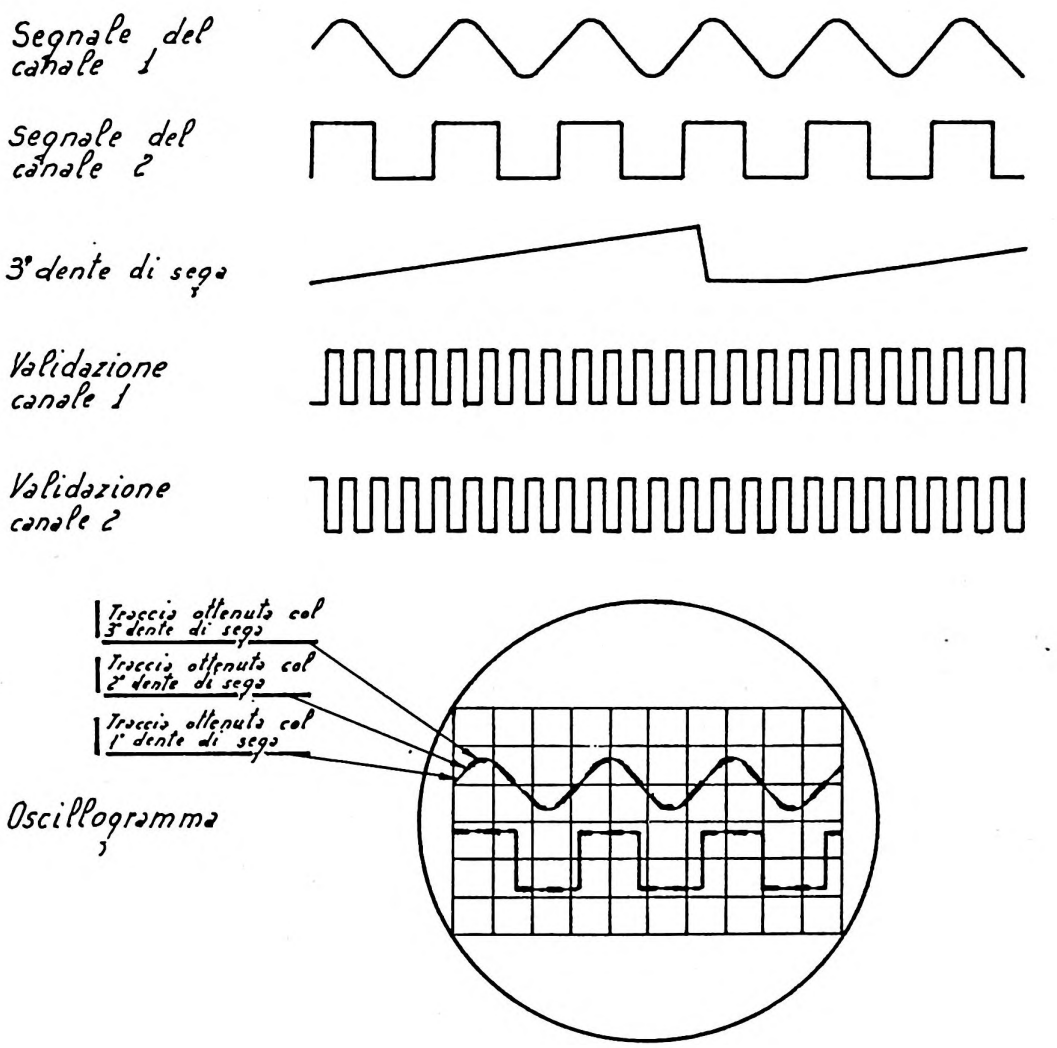


Fig. 10.3.3 Osservazione "contemporanea" di due tracce a pezzi alternati successivi (3° dente di sega).

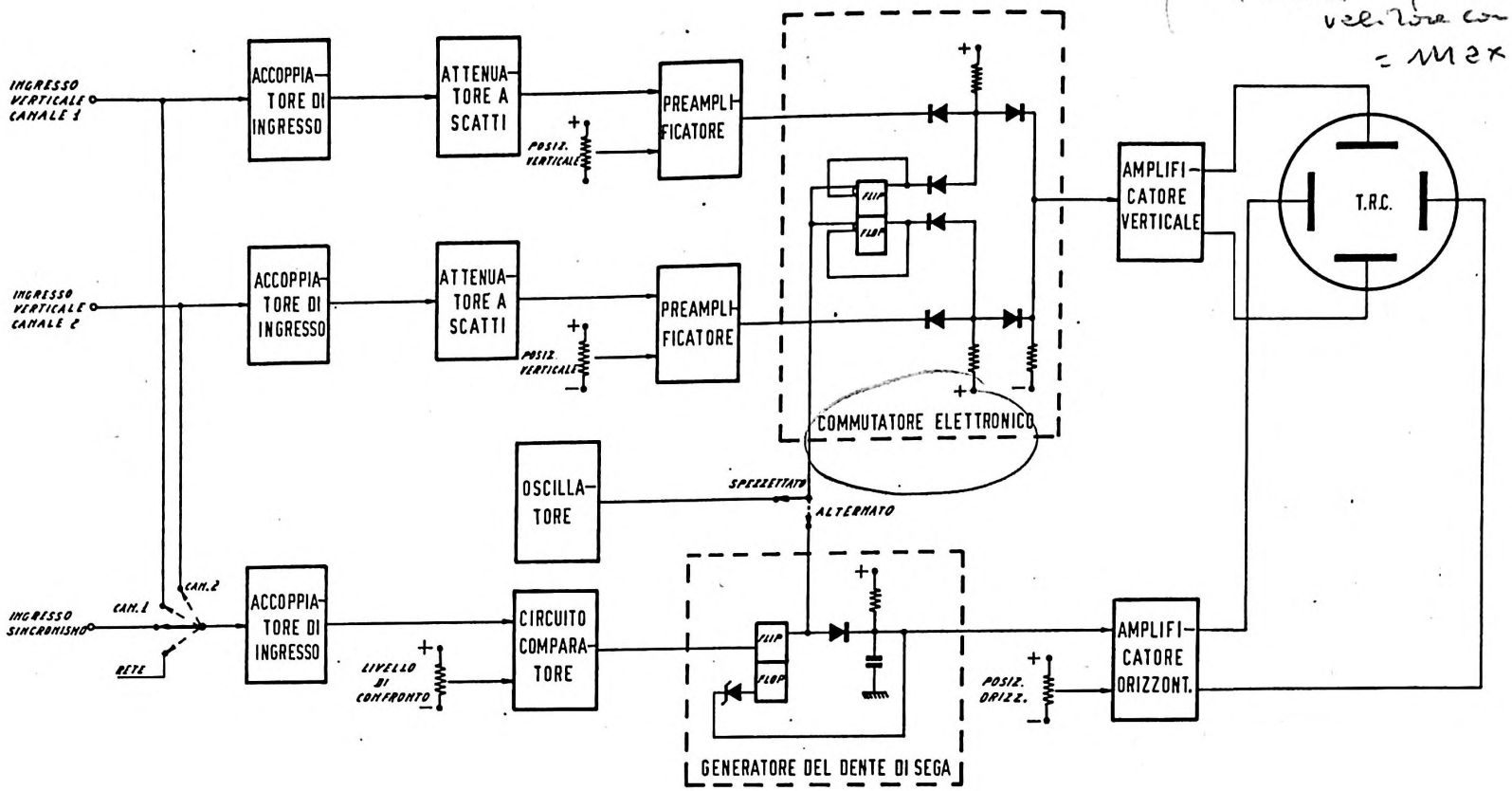


Fig. 10.3.4 Schema a blocchi di un oscilloscopio a doppia traccia con commutatore elettronico.

Per ottenere il funzionamento del commutatore elettronico nei due modi descritti, l'oscilloscopio é munito di un deviatore il quale permette di inviare al flip-flop del commutatore elettronico dei segnali di comando che possono provenire o dal flip-flop che abilita i denti di sega (funzionamento a tracce complete alternate) oppure da un oscillatore a frequenza fissa di valore piuttosto elevato (funzionamento a tracce spezzettate) (Fig. 10.3.4).

La frequenza dell'oscillatore può assumere valori dell'ordine di qualche centinaio di Kcicli al secondo e risulta indipendente da qualsiasi altro segnale.

L'oscillatore, normalmente é realizzato da un multivibratore astabile. In Fig. 10.3.5 é mostrato uno schema elettrico di questo circuito.

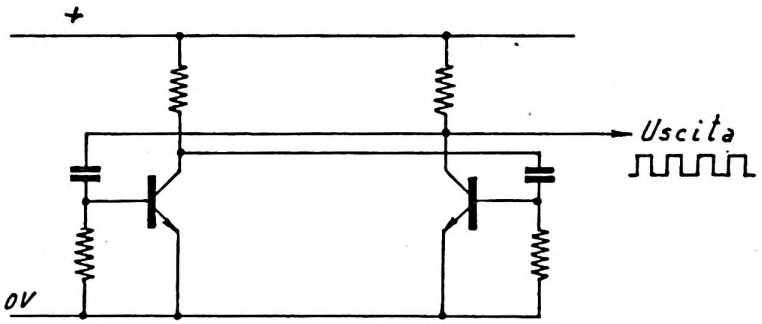


Fig. 10.3.5 Schema semplificato di un multivibratore astabile.

10.4. CONSIDERAZIONI SULLA SCELTA DEL MODO DI OPERARE DEL COMMUTATORE ELETTRONICO

Dovendo osservare due segnali in doppia traccia mediante il commutatore elettronico, é necessario stabilire se si deve utilizzare il commutatore stesso in funzionamento " a tracce alternate" (denominato in inglese "alternate mode" oppure"a tracce spezzate"(denominato in inglese " chopped mode").

"A tracce alternate" In questo caso la frequenza con la quale si forma una traccia risulta dimezzata rispetto a quella dei denti di sega.

Ciò comporta che se si osservano fenomeni con valori di assi del tempo superiori a 0,5 msec./div . diventa visibile la formazione delle due tracce in tempi successivi poiché la persistenza luminosa di ognuna di esse é inferiore all'intervallo di tempo necessario per la loro formazione.

Inoltre "a tracce alternate" non é possibile osservare l'andamento di due fenomeni che si verificano contemporaneamente una sola volta poiché quando si forma la prima traccia si verifica anche il secondo fenomeno.

"A tracce spezzettate". Il funzionamento "a tracce spezzettate" in generale, produce tracce migliori con valori dell'asse del tempo superiori a 0,5 millisecondi/divisione in quanto la frequenza di ripetizione delle due tracce risulta doppia di quella del funzionamento "a tracce alternate". Inoltre per fenomeni che si verificano una sola volta, il funzionamento "a tracce spezzettate" forma per punti due tracce continue le quali possono dare ancora un'idea dell'andamento dei fenomeni stessi.

Rispetto alle tracce alternate con valori piccoli dell'asse del tempo, la formazione delle tracce può diventare visibile e quest'ultime possono presentarsi spezzettate.

10.5. SOMMA O SOTTRAZIONE ALGEBRICA FRA I SEGNALI DEI DUE INGRESSI

Negli oscilloscopi a doppia traccia , disponendo di due ingressi, normalmente esiste la possibilità di visualizzare sullo schermo l'andamento della tensione risultante dalla somma algebrica fra i due segnali presenti ai rispettivi ingressi.

Si realizza ciò mediante una rete di resistenze collegate ad un amplificatore come indicato in figura 10.5.1.

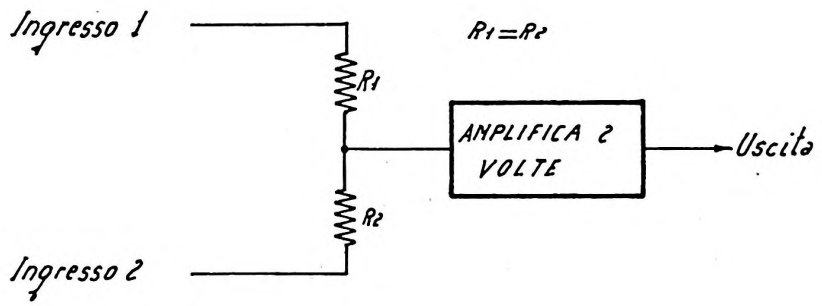


Fig. 10.5.1 Circuito dell'addizionatore algebrico.

Per comprendere il funzionamento dell'addizionatore algebrico si possono esaminare i seguenti casi :

Ingresso 1	Ingresso 2
+ 1 V	+ 1 V

poiché nelle due resistenze non circola corrente , in quanto i due ingressi sono equipotenziali, si porta +1 all'ingresso dell'amplificatore il quale dà in uscita una tensione positiva di 2 V.

Ingresso 1	Ingresso 2
+ 1 V	0 V

Il partitore resistivo porta + 0,5 V all'ingresso del - l'amplificatore, il quale dà in uscita una tensione po_ sitiva di 1 V.

Ingresso 1	Ingresso 2
+1 V	- 1 V

Il partitore resistivo porta 0 V all'ingresso dell'ampli_ ficatore, il quale dà in uscita 0V.

Ingresso 1	Ingresso 2
+ 1 V	+ 0,5 V

Il partitore resistivo porta + 0,75 all'ingresso dello amplificatore il quale dà in uscita + 1,5 V.

Se s'inserisce un circuito invertitore fra uno dei due ingressi e il corrispondente ramo del partitore resistivo il circuito sommatore si trasforma in un sot- trattore [ingresso 1 - (± ingresso 2)] (Fig.10.5.2).

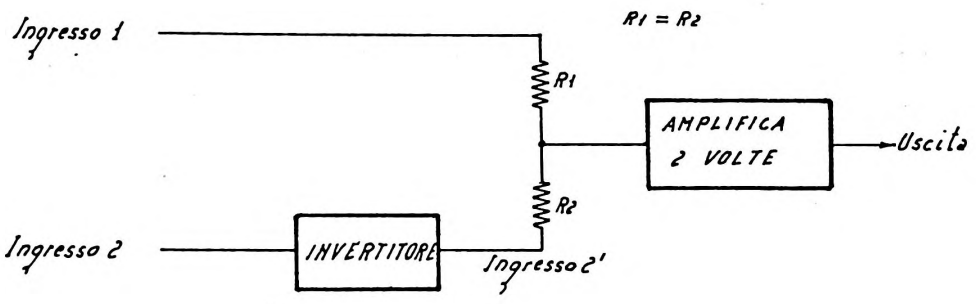


Fig. 10.5.2 Circuito del sottrattore algebrico.

Analogamente a quanto fatto per l'addizionatore , per comprendere il funzionamento del sottrattore algebrico si possono esaminare alcuni casi:

Ingresso 1	Ingresso 2
+ 1 V	+ 1 V

Ai capi del partitore resistivo si viene a trovare +1V all'ingresso 1 e -1 V all'ingresso 2 data la presenza del circuito invertitore.
Il partitore resistivo e l'amplificatore danno in uscita 0V.

Ingresso 1	Ingresso 2
+1 V	0 V

Ai capi del partitore resistivo si viene a trovare +1V all'ingresso 1 e 0 V all'ingresso 2 dato che l'invertitore ricevendo 0 all'ingresso lo trasferisce alla sua uscita. In queste condizioni il partitore fornisce una tensione di + 0,5 V all'amplificatore, il quale dà in uscita una tensione di + 1 V.

Ingresso 1	Ingresso 2
+ 1 V	- 1 V

Ai capi del partitore viene applicata +1 V all'ingresso 1 e + 1 V all'ingresso 2; non circolando corrente sul partitore, esso invia lo stesso valore di + 1 V all'ingresso dell'amplificatore, il quale dà in uscita + 2 V.

Ingresso 1	Ingresso 2
+ 1 V	+ 0,5 V

Il partitore riceve + 1 V all'ingresso 1 e - 0,5 all'ingresso 2, in tali condizioni il partitore invia una tensione di + 0,25 all'ingresso dell'amplificatore.
Quest'ultimo dà in uscita una tensione di+0,5 V.

La possibilità di eseguire la somma oppure la sottrazione algebrica dei due segnali può essere utile in casi come quelli riportati a titolo di esempio quì di seguito.

1) Controllo della distorsione introdotta da un amplificatore. Si applica un segnale all'ingresso dell'amplificatore e ad un ingresso dell'oscilloscopio. L'uscita dell'amplificatore viene inviata all'altro ingresso dell'oscilloscopio. Si osservano singolarmenteoppure in doppia traccia i due segnali in modo da portarli ad assumere la stessa ampiezza sullo schermo agendo sugli attenuatori a scatti continui dei due preamplificatori dell'oscilloscopio.

   Si esegue la sottrazione fra il segnale di ingresso e quello di uscita dell'amplificatore : se esso non introduce distorsioni si otterrà sullo schermo una retta, altrimenti compariranno delle ondulazioni in corrispondenza delle armoniche introdotte o eliminate dall'amplificatore stesso.

   Per ottenere la sottrazione fra i due segnali si dovrà a seconda dei casi eseguire una somma algebrica oppure una sottrazione algebrica. Se l'amplificatore dà in uscita un segnale in fase con quello di entrata si dovrà eseguire una sottrazione algebrica; se l'amplificatore dà in uscita un segnale in opposizione di fase con quello di entrata si dovrà eseguire una somma algebrica.(Fig. 10.5.3).

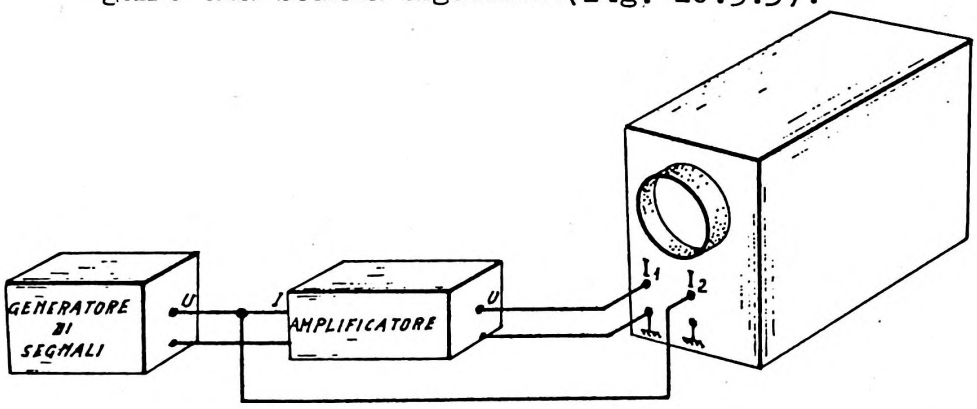


Fig. 10.5.3 Collegamenti da effettuare per controllare la distorsione introdotta da un amplificatore.

2) Misura del tempo che intercorre fra due segnali.

Applicando dei segnali diversi agli ingressi dei due canali, e sommandoli, si ottiene una sola traccia che li contiene ambedue· é così possibile stabilire con esattezza il tempo che intercorre fra i due segnali stessi (Fig. 10.5.4).

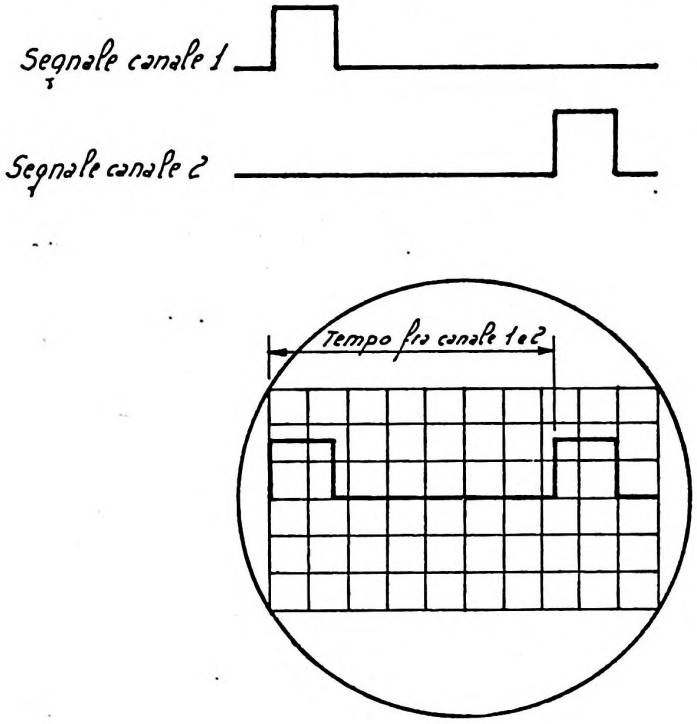


Fig. 10.5.4 Misura del tempo fra due segnali sommando i due segnali stessi.

3) Controllo della contemporaneità fra due impulsi.

Applicando dei segnali che si suppone si manifestino nello stesso tempo agli ingressi dei due canali ed eseguendo la sottrazione si può stabilire se essi realmente sono contemporanei oppure no.

Nel caso di contemporaneità si otterrà il risultato di Fig. 10.5.5.

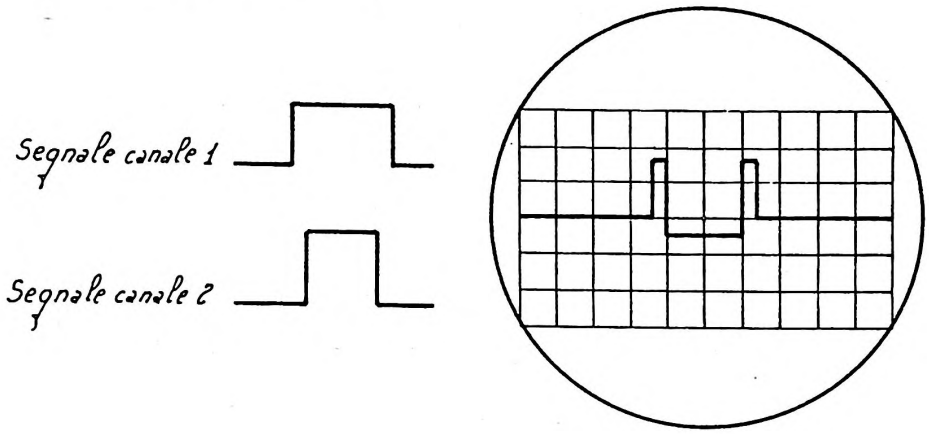


Fig. 10.5.5 Controllo della contemporaneità fra due impulsi di ampiezza diversa.

Nel caso di contemporaneità parziale si ottiene il risultato di Fig. 10.5.6.

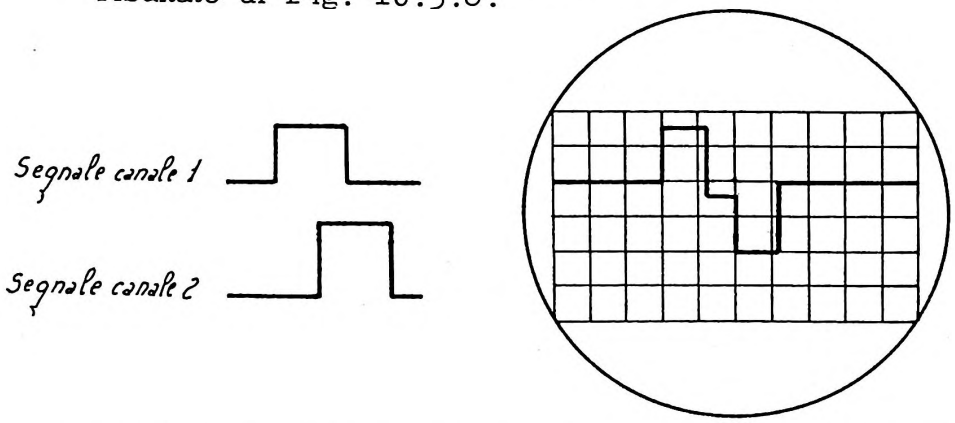


Fig. 10.5.6 Controllo della contemporaneità fra due impulsi di ampiezza diversa, contemporanei solo parzialmente.

4) Eliminazione dalla osservazione di segnali non desiderati.

La possibilità di eseguire la somma o la sottrazione algebrica fra due segnali permette di osserva - re dei segnali che contengono delle componenti non desiderate.

Queste componenti non desiderate possono essere eliminate.

Si supponga di applicare all'ingresso del canale 1 il segnale di Fig. 10.5.7 a). Tale segnale può essere il risultato che si ottiene, ad esempio, collegando in serie fra loro due generatori di tensione : uno di forma d'onda quadra e uno sinusoidale a frequenza più bassa.

Se si applica all'ingresso del canale 2 il segnale di Fig. 10.5.7 b), avente la stessa ampiezza e frequenza del segnale sinusoidale che concorre alla formazione del segnale dell'ingresso 1, eseguendo la sottrazione dei due, si ottiene sullo schermo come traccia risultante, il segnale riportato nella figura 10.5.7 c).

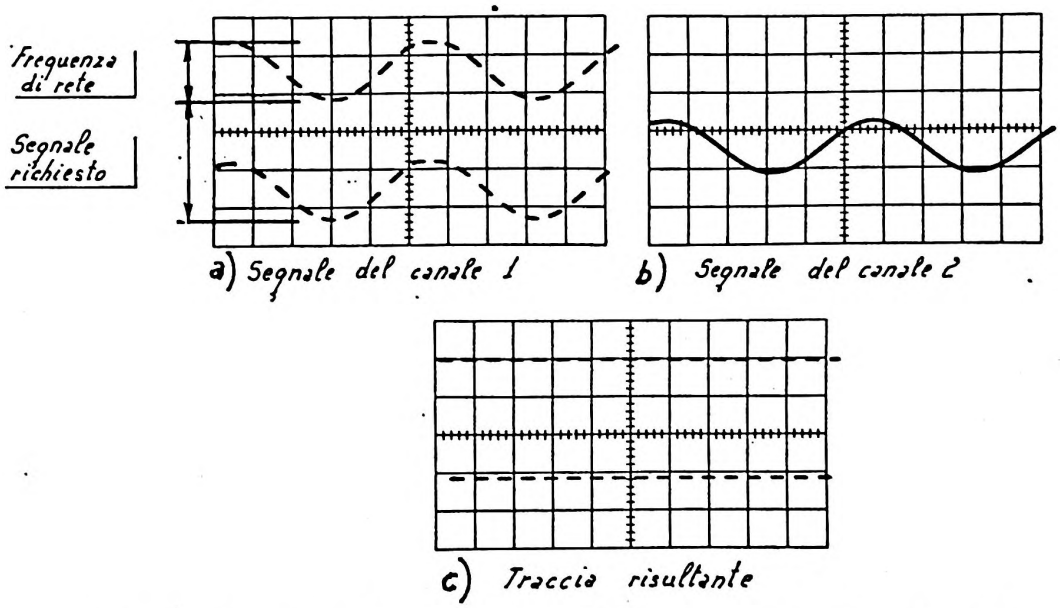


Fig. 10.5.7 Eliminazione della componente sinusoidale da un segnale composto da un'onda quadra e da una sinusoidale.

DOMANDE

a) Come viene ottenuta la doppia traccia in oscilloscopi muniti di un unico cannone elettronico ?

.....
.....

b) Quanti e quali sono i modi nei quali può funzionare il commutatore elettronico della doppia traccia?

.....
.....

c) Quale utilità può avere la somma o la sottrazione algebrica fra le due tracce ?

.....
.....

d) Come é ottenuto, circuitalmente, il passaggio dalla somma algebrica alla sottrazione algebrica delle tracce dei due segnali in esame ?

.....
.....

RISPOSTE

a) Utilizzando l'unico cannone elettronico a tempi alterni per i due segnali da visualizzare.

b) A tracce alternate e a tracce spezzettate; nel primo caso si visualizzano due segnali a denti di sega completi alterni, nel secondo si visualizzano i due segnali a piccoli pezzetti alterni durante gli stessi denti di sega.

c) Le utilità sono molteplici, ad esempio per confrontare l'uscita con l'ingresso di un amplificatore, per misurare l'intervallo di tempo esistente tra due impulsi di due segnali diversi, controllare la contemporaneità fra due impulsi provenienti da due circuiti diversi, ecc.

d) Si somma al segnale del primo canale il segnale del secondo canale fatto passare attraverso un circuito invertitore.

LEZIONE 11

Tempo di studio
30 minuti

11. ESPANSIONE DELLA SCALA DEI TEMPI

11.1. AUMENTO DEL GUADAGNO DELL'AMPLIFICATORE ORIZZONTALE

Molti oscilloscopi hanno la possibilità di aumentare di un valore fisso (5 oppure 10) il guadagno dell'amplificatore orizzontale.

Ciò comporta che la velocità di esplorazione dello schermo da parte del dente di sega aumenta di un numero di volte corrispondente.

In conseguenza di ciò, per ottenere ancora una indicazione calibrata dell'asse del tempo, é necessario dividere il valore del tempo dichiarato dal commutatore tempo/divisione per il valore con il quale é stato aumentato il guadagno dell'amplificatore.

Se si suppone di aumentare il guadagno di 10 volte il valore di qualsiasi posizione del commutatore tempo/divisione deve essere diviso per dieci.

In questo caso il dente di sega assume una ampiezza dieci volte più grande di quella che assume in condizioni normali e la traccia visibile sullo schermo viene "stirata" lungo l'asse orizzontale di una misura corrispondente a dieci volte la lunghezza dello schermo.

La parte che resta visibile sullo schermo é la parte centrale (Fig. 11.1.1).

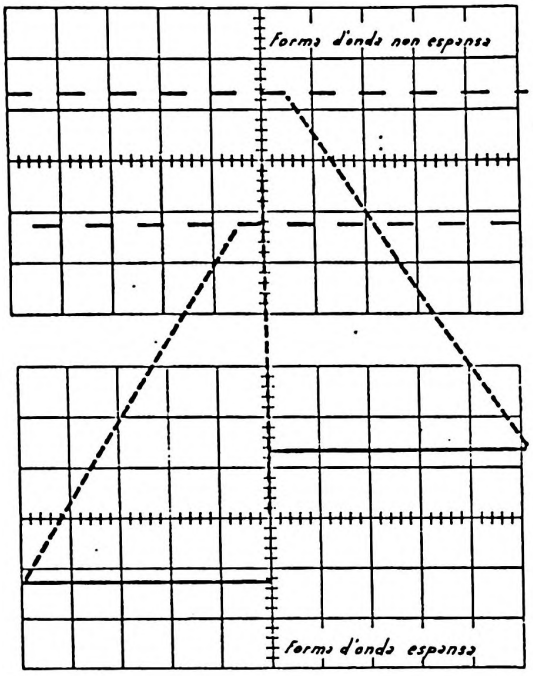


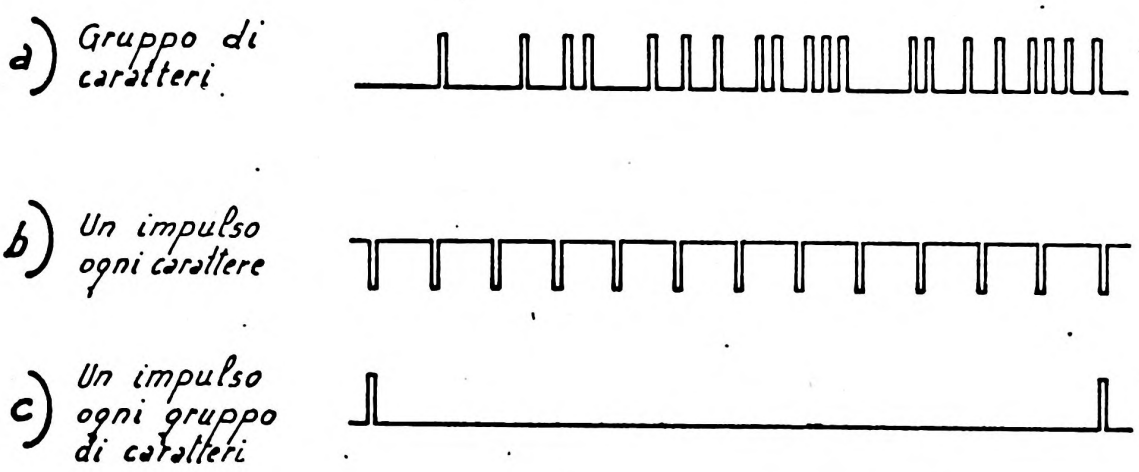
Fig. 11.1.1 Espansione della scala dei tempi di dieci volte.

Per mezzo della manopola che ha il compito di effettuare gli spostamenti della traccia in senso orizzontale é possibile visualizzare in modo espanso una parte qualsiasi della forma d'onda non espansa.

Si rende utile il metodo della espansione della traccia per poter osservare nei dettagli dei segnali che si verificano in ritardo rispetto a quello di sincronismo.

Nel caso della Fig. 11.1.1 dato che il segnale é ricorrente si potrebbe ottenere il risultato di visualizzare un solo periodo contenuto in tutto lo schermo anche scegliendo un opportuno valore dell'asse del tempo, ma la parte di segnale espansa é quella che segue immediatamente l'impulso di sincronismo.

Nel caso invece di disporre di segnali come quelli riportati nella Fig. 11.1.2 e si volesse espandere la parte relativa agli ultimi impulsi in osservazione non sarebbe possibile farlo scegliendo valori più piccoli dell'asse del tempo, poiché si espanderebbero i primi.



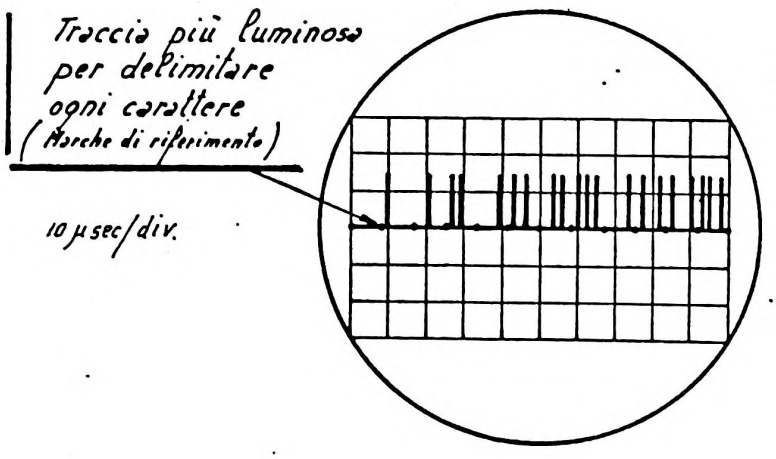


Fig. 11.5.2 Osservazione di un segnale composto da un blocco di bit.

Asse dei tempi
4 μsec/div.

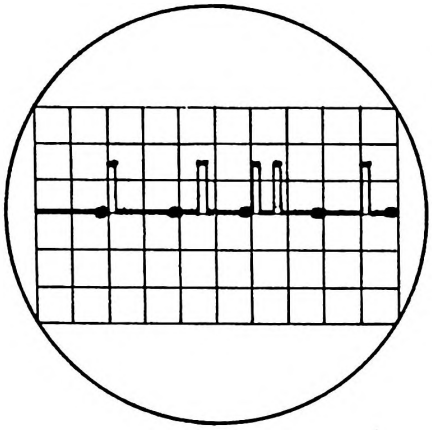


Fig. 11.1.3 Espansione dei segnali immediatamente successivi all'impulso di sincronismo.

Per poter espandere gli ultimi impulsi é necessario espanderli tutti, aumentando il guadagno dell'amplificatore, indi posizionare sullo schermo quelli richiesti, mediante la manopola di spostamento orizzontale.

Asse dei tempi
10 μsec/div.
espanso 5 volte
(2 μsec/div.)

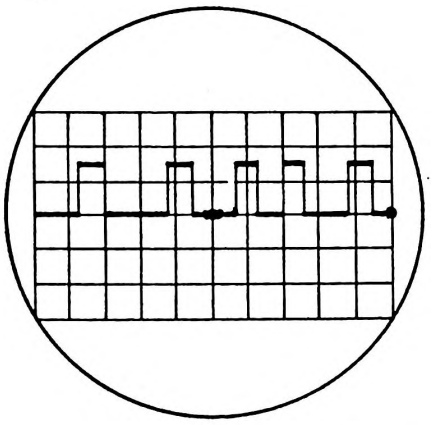


Fig. 11.1.4 Espansione degli ultimi impulsi ottenuta espandendo tutta la traccia ed osservando l'ultima parte.

11.2. ASSE DEI TEMPI RITARDATO

E' possibile osservare dei segnali che si manifestano molto in ritardo rispetto agli impulsi di sincronismo utilizzabili, per mezzo di un artificio diverso da quello visto nel paragrafo precedente.

A tale scopo esistono degli oscilloscopi dotati della possibilità di ritardare lo sgancio dei denti di sega rispetto agli impulsi del segnale di sincronismo applicato.

A titolo di esempio si può supporre di voler osservare l'andamento del segnale riprotato in figura 11.2.1 a) con la base dei tempi sganciata dal segnale c) della stessa figura.

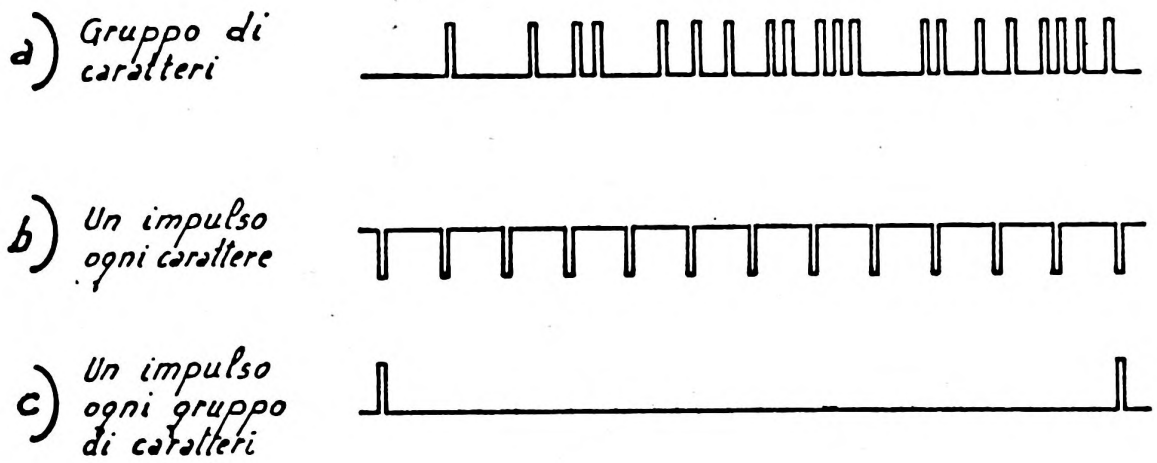


Fig. 11.2.1 Segnale da osservare costituito da blocchi di bit molto numerosi e segnale di sincronismo all'inizio di ogni blocco.

Le operazioni da eseguire sono le seguenti :

1°) Si osserva a partire dall'impulso di sincronismo, tutto il segnale che contiene la parte che si vuole evidenziare.

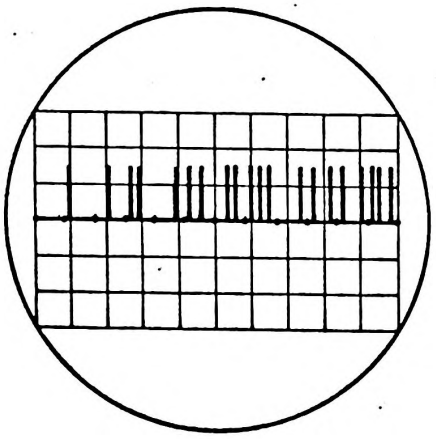


Fig. 11.2.2 Oscillogramma di tutto il segnale che contiene la parte da evidenziare.

2°) Si inserisce un particolare circuito ritardatore, il quale permette di intensificare la luminosità della traccia a partire da un punto qualsiasi dello schermo.

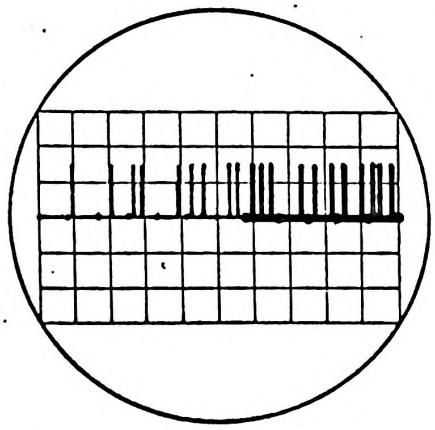


Fig. 11.2.3 Oscillogramma di tutto il segnale che contiene la parte evidenziale, con una parte più luminosa.

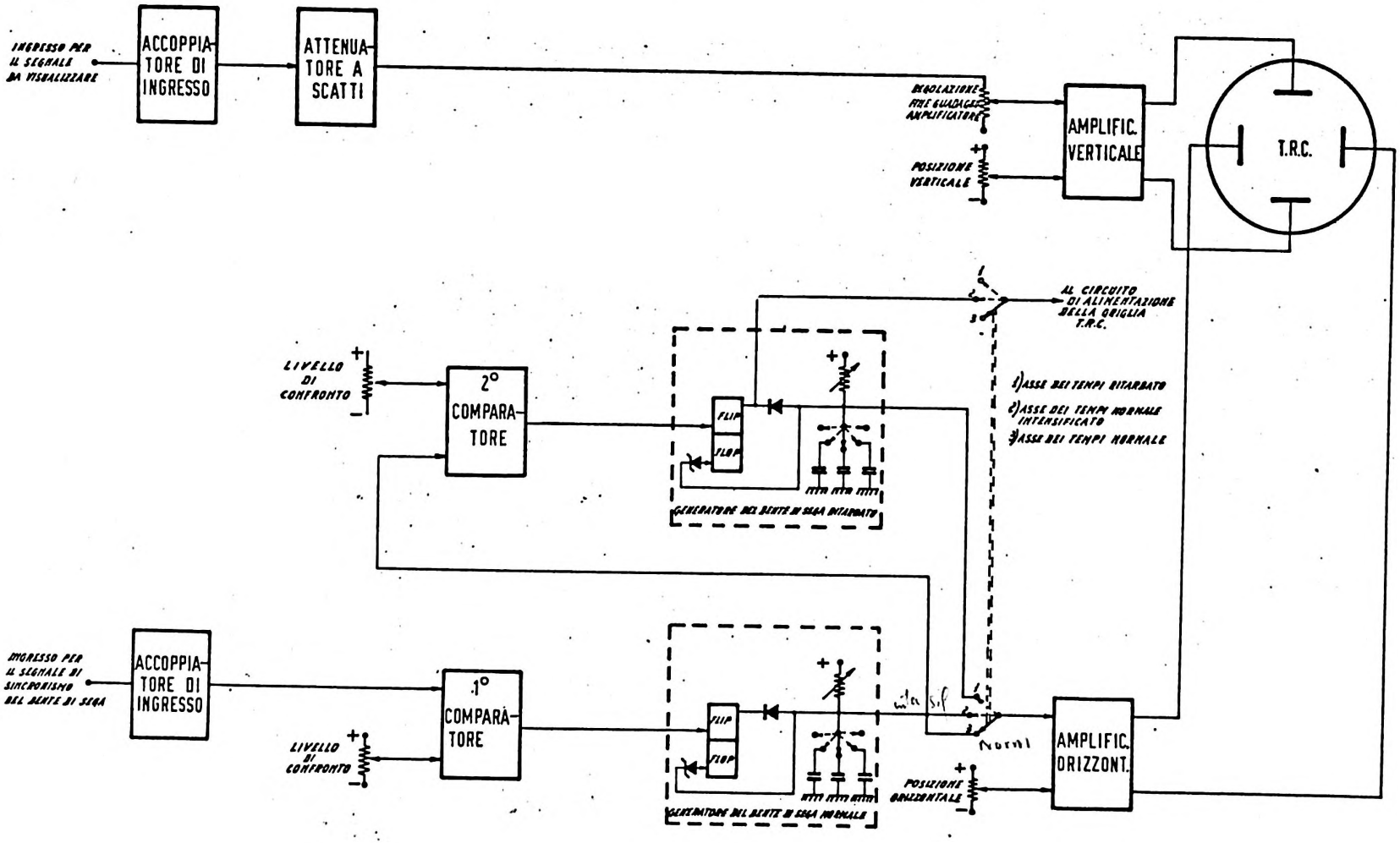


Fig.. 11.2.4 Circuito aggiunto per ottenere l'asse dei tempi ritardato.

Tale circuito risulta composto dagli organi riportati in Fig. 11.2.4 e funziona nel modo seguente.

Si confronta il valore della tensione del dente di sega normale con una tensione stabilita manualmente; quando la tensione a dente di sega raggiunge il valore prefissato il comparatore invia dei segnali di comando ad un circuito generatore di denti di sega uguale a quello visto in precendenza.

In questa fase delle operazioni si utilizza solamente l'uscita del flip-flop del generatore di denti sega per applicare degli impulsi positivi alla griglia controllo del T.R.C., la quale, in corrispondenza di essi, intensifica la traccia sullo schermo.

L'inizio della parte intensificata sullo schermo dipende dall'istante in cui si verifica l'uguaglianza fra il valore della tensione di confronto con quella della tensione istantanea del dente di sega principale, mentre la fine di tale parte dipenderà dal tempo assegnato ai denti di sega del generatore ritardato.

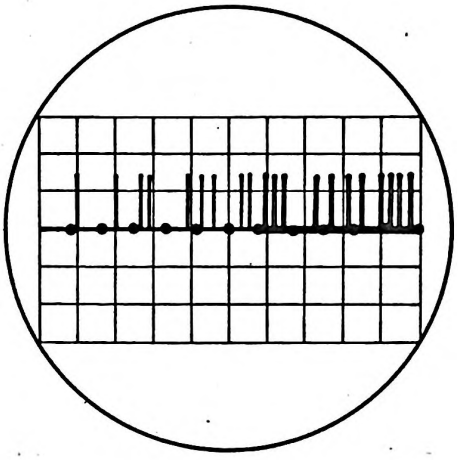
3°) Si porta a coincidere l'inizio della parte intensificata con la parte di segnale che si vuole espandere mediante la manopola che stabilisce il valore della tensione di confronto nel comparatore che comanda il generatore di denti di sega ritardati (figura 11.2.5 a).

4°) Si fa terminare la parte intensificata alla fine della parte di segnale che si vuole espandere, mediante la manopola che determina il tempo del dente di sega ritardato (Fig. 11.2.5 b).

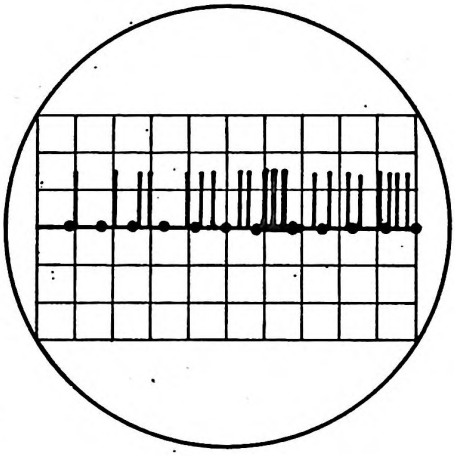
5°) Si scollega dall'amplificatore orizzontale al generatore di denti di sega normale e si inserisce al suo posto il generatore di denti di sega ritardati.

In questo modo comparirà su tutto lo schermo solo la parte di traccia che nei punti precedenti era stata intensificata (Fig. 11.2.5 c).

a) Posizionamento inizio della parte intensificata



b) Posizionamento fine della parte intensificata



c) Espansione della parte intensificata

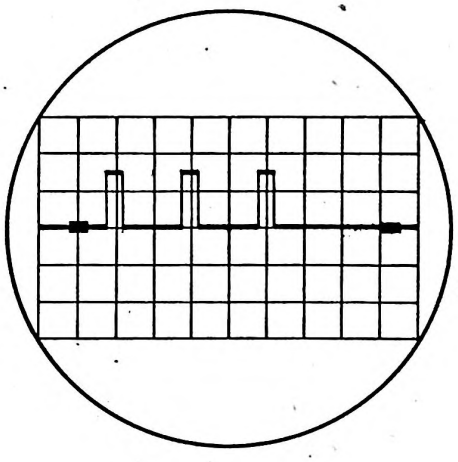


Fig. 11.2.5 Osservazione di un segnale espanso ritardando la partenza di un secondo dente di sega di durata inferiore al primo.

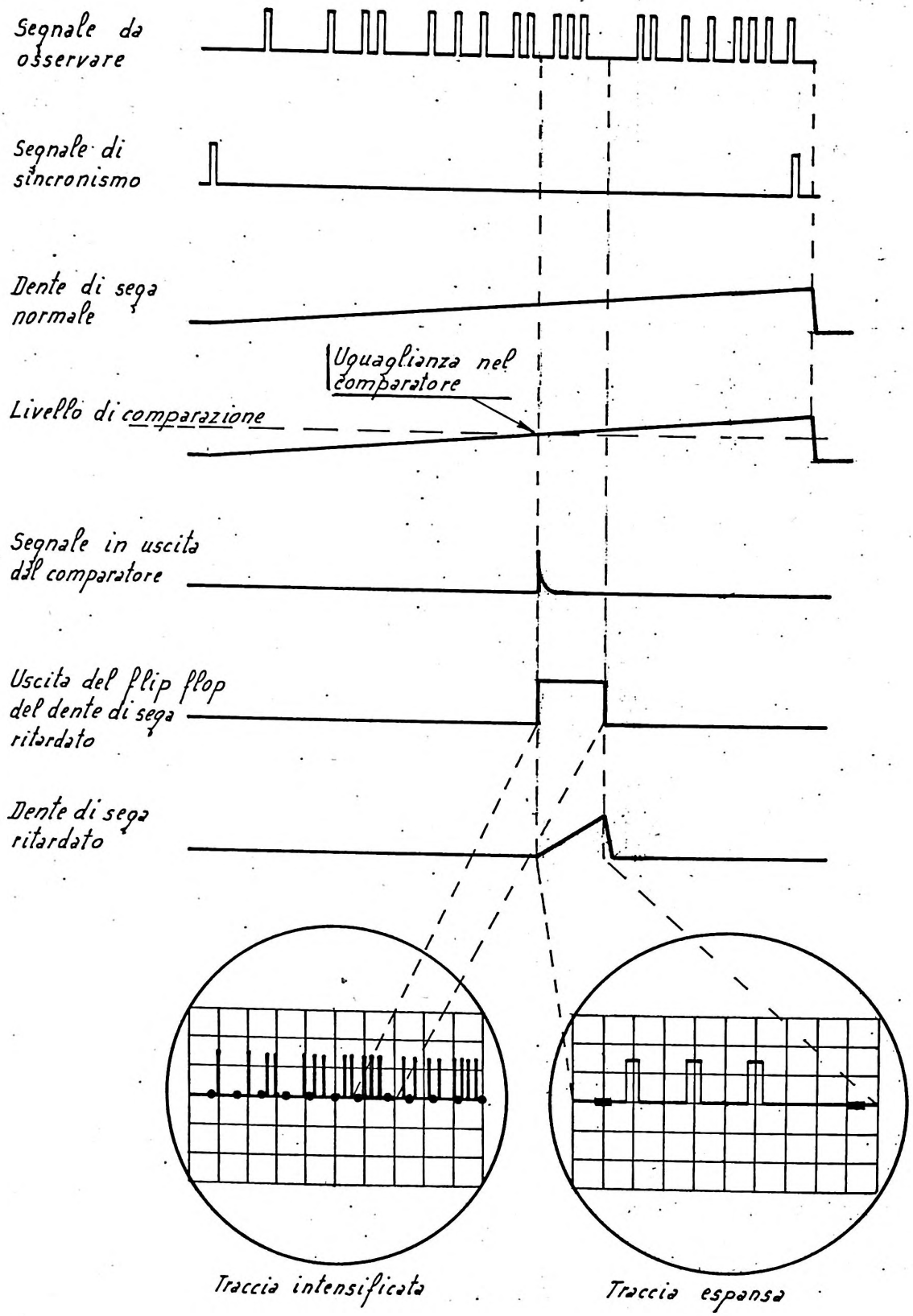


Fig. 11.2.6 Segnali dei circuiti che contribuiscono alla formazione dell'asse dei tempi ritardato.

11.3. ASSE DEI TEMPI RITARDATO E SINCRONIZZATO

L'asse dei tempi ritardato può, a sua volta, essere sganciato da un segnale di sincronismo dopo che é trascorso il tempo di ritardo prescelto.

In questo caso i circuiti che concorrono allo sgancio del dente di sega ritardato sono quelli riportati in Fig. 11.3.1.

Esaminando tale figura si può constatare che il comparatore che determina il tempo di ritardo, stabilito manualmente, con la sua uscita posiziona in set un flip-flop che ha lo scopo di memorizzare l'avvenuto ritardo; l'uscita di questo flip-flop condiziona l'invio dei segnali di sgancio del dente di sega ritardato.

Ciò porta a concludere che il dente di sega ritardato viene sganciato all'arrivo del primo impulso di sincronismo che si presenta al suo ingresso dopo che é trascorso il tempo di ritardo stabilito manualmente.

In Fig. 11.3.2 sono riportate le forma d'onda tipiche dei vari circuiti interessati da questo tipo di funzionamento.

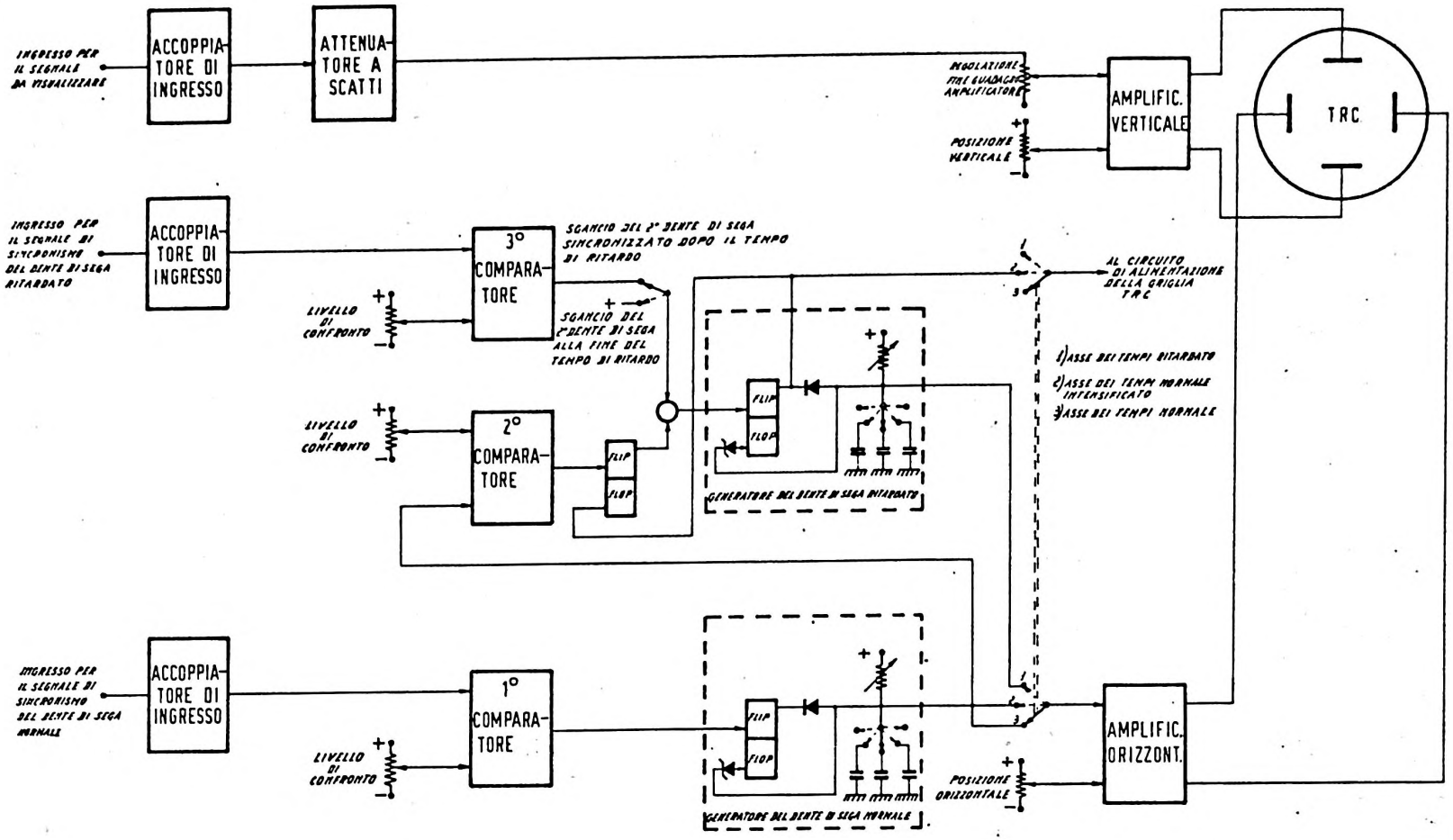


Fig. 11.3.1 Circuito aggiunto per ottenere l'asse dei tempi ritardato sincronizzato ad un secondo segnale.

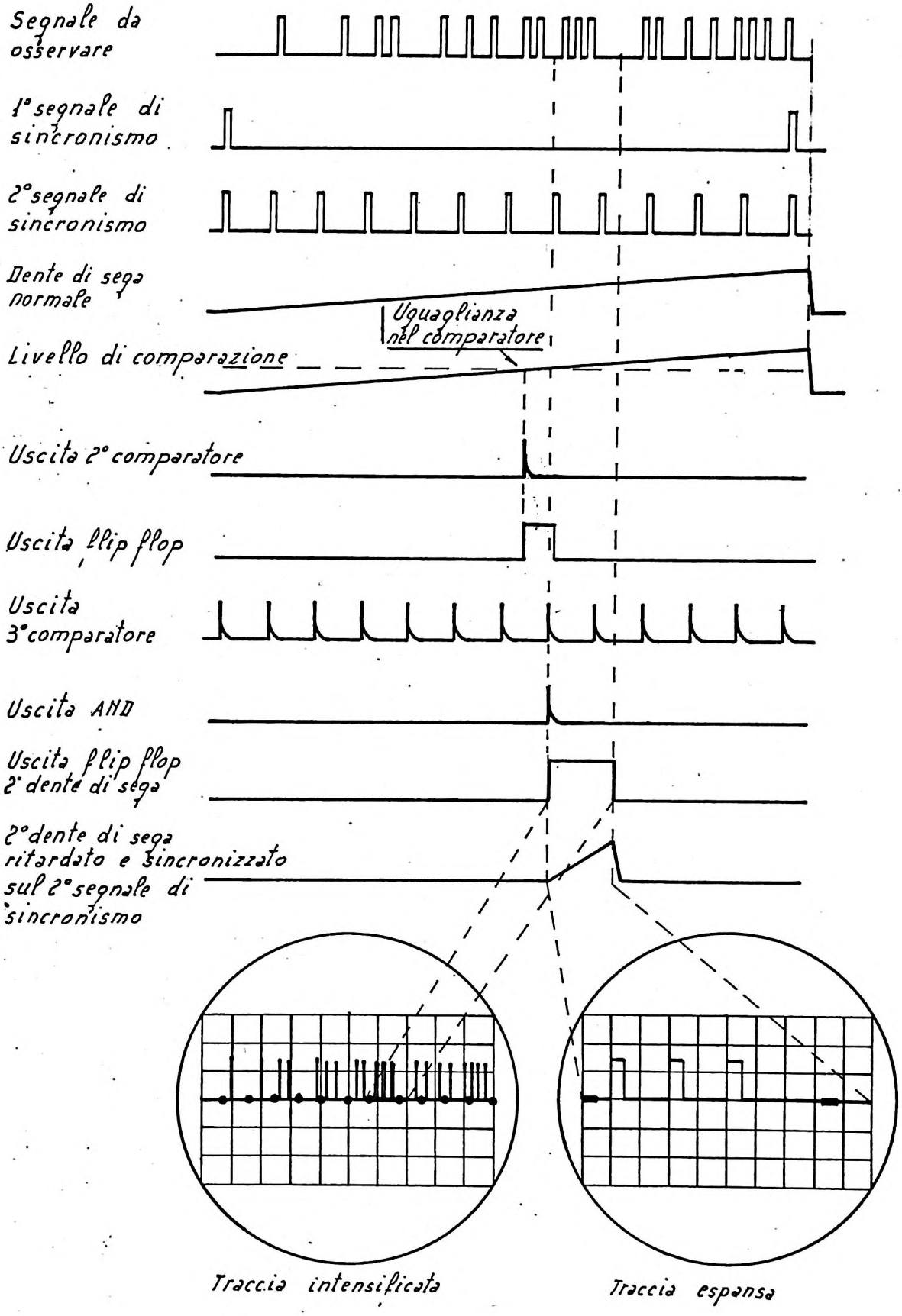


Fig. 11.3.2 Segnali tipici che concorrono allo sgancio del dente di sega ritardato e sincronizzato.

DOMANDE

a) Si supponga di osservare un segnale, con il commutatore tempo/divisione in posizione 50 /usec/div. Qual'é il valore di tempo da attribuire ad ogni divisione se viene aumentato di 5 volte il guadagno dell'amplificatore orizzontale ?

.....
.....

b) L'asse dei tempi ritardato é utile quando si vogliono osservare dei particolari di segnali che si manifestano poco dopo, oppure molto tempo dopo dei segnali di sincronismo utilizzati ?

.....
.....

c) Con quali condizioni si sganciano i denti di sega ritardati e sincronizzati ?

.....
.....

RISPOSTE

a) Aumentando il guadagno dell'amplificatore orizzontale aumenta la velocità di spostamento orizzontale del pennello elettronico. Ciò comporta che il tempo necessario per percorrere una divisione di minuisce. Nel caso considerato, tempo/div. = 10 /usec.

b) L'asse dei tempi ritardato é utile quando si vuole espandere la scala dei tempi di un numero di volte superiore a qullo ottenibile aumentando il guadagno dell'amplificatore. L'espansione della parte di traccia che compare poco dopo i segnali di sincronismo si può ottenere semplicemente aumentando la velocità di scansione dell'asse del tempo. L'unico modo per espandere una parte di traccia che si manifesta molto in ritardo rispetto ai segnali di sincronismo, é quello di utilizzare l'asse dei tempi ritardato, dotato di alta velocità di scansione.

c) Con il primo impulso di sincronismo che si manifesta dopo il tempo di ritardo stabilito manualmente.

RIEPILOGO

Tempo di studio
1 ora

1. L'OSCILLOSCOPIO E' UN MISURATORE DI :

- tensione. (22)
- corrente. (29)

2. NEL CASO IN CUI LA FREQUENZA DEL SEGNALE DI SINCRONISMO SIA UGUALE A QUELLA DEL SEGNALE DA OSSERVARE SI OTTIENE SEMPRE UNA IMMAGINE ESATTA DI QUEST'ULTIMO.
NEL CASO PERO' IN CUI LA FREQUENZA DEL SEGNALE DI SINCRONISMO SIA MULTIPLA DI QUELLA DEL SEGNALE DA OSSERVARE , SI OTTIENE UNA IMMAGINE CORRETTA SOLO SE SI INQUADRA UN NUMERO DI PERIODI DEL SEGNALE DA VISUALIZZARE CHE COMPORTA UNA FREQUENZA DEI DENTI DI SEGA UGUALE O SOTTOMULTIPLA DI QUELLA DEL SEGNALE DI SINCRONISMO. (12)

3. L'ESPANSIONE DELLA SCALA DEI TEMPI PERMETTE :

- l'espansione di tutto il segnale e la visualizzazione della sola parte dello stesso che compare al centro dello schermo. (13)
- l'espansione della sola parte centrale del segnale. (35)

4. E' POSSIBILE APPLICARE ALL'AMPLIFICATORE VERTICALE SOLO LA COMPONENTE ALTERNATA DI UN SEGNALE CON IL COMMUTATORE D'INGRESSO IN POSIZIONE :

- AC. (27)
- DC. (45)

5. VOLENDO OSSERVARE IN DOPPIA TRACCIA DUE SEGNALI A BASSA FREQUENZA E' CONSIGLIABILE USARE IL MODO :

- a tracce alternate. (20)
- a tracce spezzettate. (32)

6. AFFINCHE' IL DENTE DI SEGA SIA SGANCIATO DA UNA VARIAZIONE DI TENSIONE DECRESCENTE DEL SEGNALE DI SINCRONISMO, LA MANOPOLA "FRONTE" DEVE ESSERE POSIZIONATA SU "-".
RITORNARE ALLA DOMANDA N. 41.

7. L'UTILITA' DI UN OSCILLOSCOPIO A DOPPIA TRACCIA E' QUELLO DI :

- avere la possibilità di osservare "contemporaneamente" due segnali diversi. (40)
- avere al possibilità di sincronizzarsi con un segnale esterno. (42)

8. POICHE' L'IMPEDENZA D'INGRESSO DELLO OSCILLOSCOPIO E' VOLUTAMENTE MANTENUTA A VALORI MOLTO ELEVATI (DELL'ORDINE DEL MOHM) PER EVITARE DI SOVRACCARICARE I CIRCUITI IN ESAME QUANDO SI ESEGUONO MISURE DI TENSIONE, NON E' POSSIBILE FAR CIRCOLARE CORRENTI APPREZZABILI IMPOSTE DAI CIRCUITI ESTERNI STESSI. (29)

9. A TRACCE SPEZZATE SE I SEGNALI SI VERIFICANO CON UNA FREQUENZA, UGUALE, MULTIPLA O SOTTOMULTIPLA DI QUELLA DEL COMMUTATORE ELETTRONICO E' POSSIBILE CHE SI NOTINO SULLO SCHERMO LE SPEZZETTATURE. (32)

10. DATO CHE IL SEGNALE HA UNA FREQUENZA DI 1 KHz., IL TEMPO DI UN CICLO COMPLETO SARA' DATO DA

$$\text{CICLO} = \frac{1}{f} = \frac{1}{1000} = 0{,}001 \text{ sec.} = 1 \text{ msec.}$$

SE SI ATTRIBUISCE ALLA SCALA DEI TEMPI IL VALORE DI 0,5 msec/div, POICHE' LO SCHERMO E' COMPOSTO DA 10 DIVISIONI, SI OTTIENE UN TEMPO COMPLESSIVO DI 50 msec. CIO' CHE PERMETTE DI VISUALIZZARE 5 CICLI COMPLETI DEL SEGNALE CONSIDERATO. (24)

11. LA FREQUENZA SI CALCOLA SECONDO LA RELAZIONE

$$f = \frac{1}{T(\text{sec.})} = \frac{1}{40.10^{-6}} = \frac{10^6}{40} = 25 \text{ ~~Khom~~ KHz}$$

PER CUI TORNARE ALLA DOMANDA (14).

12. PER AVERE UN'IMMAGINE STABILE IL SE - GNALE DI SINCRONISMO DEVE AVERE, RISPETTO AL SEGNALE DA OSSERVARE :

- frequenza uguale o multipla. (2)
- frequenza uguale o sottomultipla. (34)

13. QUANDO SI DESIDERA OSSERVARE DETTAGLIATAMENTE L'ANDAMENTO DELLA PARTE FINALE DI UN SEGNALE SI PROCEDE :

- portando la parte in esame al centro dello schermo e poi espandendo la scala dei tempi. (7)
- espandendo semplicemente la scala dei tempi. (17)

14. VISUALIZZANDO UN SEGNALE RICORRENTE I CUI IMPULSI DISTANO TRA LORO DI 40 µsec., LA FREQUENZA DEL SEGNALE IN ESAME E' :

- 25 KHz. (39)
- 20 KHz. (11)

15. LA MANOPOLA "LIVELLO" PERMETTE DI SGANCIARE I DENTI DI SEGA :

- ad un certo valore del segnale di sincronismo. (12)
- solo sul fronte di salita del segnale di sincronismo. (41)

16. POICHE' LA SONDA ATTENUA DI 10 VOLTE I SEGNALI VISUALIZZATI SONO 10 VOLTE PIU' PICCOLI DI QUELLI REALI. PER RISALIRE AL VALORE REALE CONOSCENDO IL VALORE ATTENUATO E' SUFFICIENTE MOLTIPLICARE QUEST'ULTIMO PER IL VALORE DELL'ATTENUAZIONE DELLA SONDA. (5 V x 10 = 50 V). (44)

17. ESPANDENDO LE SCALE DEI TEMPI SI ALLARGA TUTTO IL SEGNALE E SOLO LA PARTE CENTRALE DELLO STESSO VIENE VISUALIZZATA MENTRE GLI ESTREMI DEL SEGNALE ESCONO DALLO SCHERMO. E' PERCIO' NECESSARIO PORTARE AL CENTRO DELLO SCHERMO LA PARTE DEL SEGNALE CHE SI VUOLE EVIDENZIARE. (13)

18. POICHE' IL VALORE USATO DELL'ASSE DEI TEMPI E' DI 10 usec./div., PER OTTENERE UN VALORE DI 3,5 usec. BISOGNEREBBE CHE LE DUE FORME D'ONDA DISTASSERO SOLO DI POCO PIU' DI 1/3 DI QUADRETTO. (46)

19. QUANDO SI VISUALIZZA UN SEGNALE CON LA SCALA ESPANSA IL VALORE INDICATO DAL COMMUTATORE DEL TEMPO DEVE ESSERE DIVISO PER IL VALORE DELL'ESPANSIONE. NEL CASO IN ESAME SI OTTIENE

$$\frac{5\ \text{usec./div.}}{5} = 1\ \text{usec./div.}$$

CIO' CHE CONSENTE DI AMPLIFICARE IN SENSO ORIZZONTALE IL SEGNALE SULLO SCHERMO DI 5 VOLTE. (39)

20. POICHE' A TRACCE ALTERNATE SI FORMA LA STESSA TRACCIA OGNI DUE DENTI DI SEGA, A BASSA FREQUENZA SI OSSERVA UNA PULSAZIONE DELLE TRACCE. (5)

21. IN QUESTO CASO SI OTTIENE UNA VISUALIZZAZIONE DEL SEGNALE CHE COMPRENDE DUE DIVISIONI VERTICALI; TUTTAVIA PER OTTENERE UNA VISUALIZZAZIONE PIU' DETTAGLIATA E' CONSIGLIABILE UTILIZZARE UNA SENSIBILITA' SUPERIORE. (27)

22. SI SUPPONGA, USANDO UN OSCILLOSCOPIO CON SENSIBILITA' DI 1 V/div., DI VOLER MISURARE UNA CORRENTE CHE VIENE FATTA CIRCOLARE IN UNA RESISTENZA DI 10 OHM. SE SULLO SCHERMO DELL'OSCILLOSCOPIO SI VISUALIZZA UNA FORMA D'ONDA DI CINQUE DIVISIONI VERTICALI, IL VALORE DELLA CORRENTE RISULTA :

- 500 mA. (44)
- 50 mA. (36)

23. SE L'ASSE DEI TEMPI E' USATO CON UN VALORE DI 10 usec./div. PER OTTENERE UN VALORE DI 350 usec. SI DOVREBBE AVERE UNO SCHERMO DI 100 DIVISIONI. CIO' NORMALMENTE NON SI HA. (46)

24. SI SUPPONGA DI AVERE UN COMMUTATORE CHE SELEZIONA I TEMPI DA ATTRIBUIRE AI DENTI DI SEGA, DOTATO DELLE SEGUENTI INDICAZIONI : 50-20-10-5-2-1-0,5-0,2 0,1 msec./div.; VOLENDO VISUALIZZARE UN SOLO CICLO COMPLETO DI UN SEGNALE AVENTE UNA FREQUENZA DI 1 KHz, LA SCALA DEI TEMPI DA UTILIZZARE E' :

- 1 msec./div. (28)
- 0,5 msec./div. (10)
- 0,1 msec./div. (46)

25. A TRACCE ALTERNATE I DENTI DI SEGA DISPARI FORMANO UNA TRACCIA MENTRE QUELLI PARI FORMANO L'ALTRA TRACCIA. SE IL FENOMENO SI VERIFICA A FREQUENZA DEI DENTI DI SEGA SUFFICIENTEMENTE ELEVATE SI HA L'IMPRESSIONE CHE LE DUE TRACCE SI FORMINO CONTEMPORANEAMENTE SULLO SCHERMO. (40)

26. LA CAPACITA' VARIABILE DELLA SONDA PERMETTE DI :

- attenuare i segnali alternati dello stesso valore di quelli continui, attenuati dal partitore resistivo. (4)
- aumentare la precisione delle misure delle continue. (31).

27. NEL CASO IN CUI SI VOGLIA VISUALIZZARE, NEL MIGLIOR MODO POSSIBILE, UN SEGNALE ALTERNATO DI 10 V PICCO-PICCO E SI DISPONGA DI UN OSCILLOSCOPIO DOTATO DELLE SENSIBILITA' DELL'ASSE VERTICALE DI 0,5-1-2-5-10 V/div., SI UTILIZZA LA POSIZIONE :

- 1 V/div. (38)
- 2 V/div. (15)
- 5 V/div. (21)

28. POICHE' IL SEGNALE HA UNA FREQUENZA DI 1 KHz IL TEMPO DI UN CICLO COMPLETO SARA' DATO DA :

$$\text{CICLO} = \frac{1}{f} = \frac{1}{1000} = 0{,}001 \text{ sec.} = 1 \text{ msec.}$$

ATTRIBUENDO ALLA SCALA DEI TEMPI IL VALORE DI 1 msec./div. ED ESSENDO LO SCHERMO SUDDIVISO IN 10 PARTI SI OTTIENE UN TEMPO COMPLESSIVO DI 10 msec. CIO' CHE PERMETTE DI VISUALIZZARE 10 CICLI COMPLETI DEL SEGNALE CONSIDERATO. (24)

29. PER MISURARE LA CORRENTE :

- essa viene fatta circolare all'interno dell'oscilloscopio. (8)
- essa viene fatta circolare su una resistenza di valore conosciuto, per cui si converte in un valore di tensione ai capi della resistenza stessa. (1)

30. IN "INTERNO", E' LO STESSO SEGNALE VISUALIZZATO CHE SGANCIA I DENTI DI SEGA IN COINCIDENZA DI UNA CERTA VARIAZIONE DI TENSIONE. OSSERVANDO DUE SEGNALI DI FORMA UGUALE E SFASATI NEL TEMPO, I DENTI DI SEGA INIZIANO SEMPRE IN COINCIDENZA DELLA STESSA VARIAZIONE DI TENSIONE, PER CUI I DUE SEGNALI COMPAIONO NELLO STESSO PUNTO DELLO SCHERMO E NON E' POSSIBILE STABILIRE LA LORO DIFFERENZA DI FASE.(34)

31. LA CAPACITA' VARIABILE NON PUO' INFLUENZARE IN ALCUN MODO LE COMPONENTI CONTINUE POICHE' SI CARICA SEMPLICEMENTE AL VALORE DI QUEST'ULTIMA. (26)

32. VOLENDO OSSERVARE IN DOPPIA TRACCIA DUE SEGNALI AD ALTA FREQUENZA E' CONSIGLIABILE USARE IL MODO :

- a tracce alternate. (43)
- a tracce spezzettate.(9)

33. FINE DEL QUESTIONARIO.

34. SE SI VISUALIZZANO DUE SEGNALI UGUALI COME FORMA, E SFASATI NEL TEMPO,E' POSSIBILE RILEVARE TALE SFASAMENTO SE SI OSSERVANO SINCRONIZZATI IN "INTERNO" ?

- Si. (30)
- No. (24)

35. SOSTANZIALMENTE L'ESPANSIONE DELLA SCALA FA RIMANERE SULLO SCHERMO SOLO LA FORMA D'ONDA CENTRALE DEL SEGNALE IN ESAME MA E' POSSIBILE VEDERE ANCHE LE ALTRE FORME D'ONDA ESPANSE AGENDO SULLA MANOPOLA DELLO SPOSPAMENTO ORIZZONTALE. (3)

36. POICHE' PER LA LEGGE DI OHM $I_{(A)} = \frac{V_{(V)}}{R_{(\Omega)}}$

ESSENDO $R = 10\,\Omega$ e $V = 5$ V (5 div. x 1 V/div.)

$$I = \frac{5\ V}{10\,\Omega} = 0{,}5\ A = 500\ mA\ .\ (22)$$

37. PER VISUALIZZARE FENOMENI CHE SI VERIFICANO POCO TEMPO DOPO IL SEGNALE DI SINCRONISMO E' SUFFICIENTE AGIRE SULLA SELEZIONE DEL TEMPO DA ATTRIBUIRE AL TEMPO DEL DENTE DI SEGA NORMALE. (43)

38. CON LA SENSIBILITA' DI 1 V/div. IL SEGNALE E' SOLO PARZIALMENTE VISUALIZZATO IN QUANTO I SUOI ESTREMI ESCONO DALLO SCHERMO PER CUI NON E' POSSIBILE OSSERVARE LA FORMA D'ONDA COMPLETA.
E' NECESSARIO USARE UNA SENSIBILITA' DI DEFLESSIONE INFERIORE. (27)

39. SI CONSIDERI DI VOLER VISUALIZZARE UN SEGNALE NELLE SEGUENTI CONDIZIONI :

- scala dei tempi = 5 µsec/div.
- espansione della scala dei tempi = x 5
- distanza sullo schermo fra due impulsi successivi dello stesso segnale = 6,5 div.

IL TEMPO ESISTENTE FRA I DUE IMPULSI E' DI :

- 6,5 µsec. (3)
- 162,5 µsec. (19)

40. UN OSCILLOSCOPIO A DOPPIA TRACCIA AVENTE UN SOLO CANNONE ELETTRONICO, NORMALMENTE PRESENTA DUE MODI DI VISUALIZZARE I SEGNALI :
- A TRACCE ALTERNATE o
- A TRACCE SPEZZETTATE.
LA DIFFERENZA TRA LE DUE CONSISTE IN QUANTO SEGUE :

- a tracce alternate si disegna la traccia completa relativa ad entrambi gli ingressi per ogni dente di sega mentre a tracce spezzettate si formano le due tracce a pezzetti successivi durante lo stesso dente di sega. (25)
- a tracce alternate si forma sullo schermo prima tutta la traccia di un segnale e poi quella del l'altro in modo alternato, mentre a tracce spezzettate si formano le due tracce a pezzetti successivi durante lo stesso dente di sega. (5)

41. LA MANOPOLA "LIVELLO" E' PREDISPOSTA PER SGANCIARE I DENTI DI SEGA QUANDO IL SEGNALE DI SINCRONISMO RAGGIUNGE IL VALORE PREFISSATO SIA SUL FRONTE DI SALITA CHE SUL FRONTE DI DISCESA. ESSA VIENE UTILIZZATA SUL FRONTE DI SALITA OPPURE SUL FRONTE DI DISCESA A SECONDA DI COME VIENE POSIZIONATA LA MANOPOLA "FRONTE". CON QUESTA MANOPOLA POSIZIONATA SU "+" IL DENTE DI SEGA PARTE IN COINCIDENZA DI :

- una variazione di tensione crescente del segnale di sincronismo. (15)
- una variazione di tensione decrescente del segnale di sincronismo. (6).

42. QUALSIASI OSCILLOSCOPIO E' DOTATO DI UN INGRESSO PER I SEGNALI DI SINCRONISMO ESTERNO. (7)

43. L'ASSE DEI TEMPI RITARDATO VIENE UTILIZZATO PER ESPANDERE L'ASSE DEI TEMPI ONDE POTER OSSERVARE FENOMENI CHE SI VERIFICANO :

- molto tempo dopo il segnale di sincronismo. (33)
- poco tempo dopo il segnale di sincronismo. (37)

44. NEL CASO IN CUI SI VOGLIA ESEGUIRE UNA MISURA DI TENSIONE UTILIZZANDO UNA SONDA DI TENSIONE CHE ATTENUA IL SEGNALE DI 10 VOLTE ED AVENDO UNA SENSIBILITA' DI DEFLESSIONE VERTICALE DELL' OSCILLOSCOPIO DI 5 V/div., IL VALORE REALE DI UN SEGNALE CHE SI PRESENTA SULLO SCHERMO CON UNA AMPIEZZA DI UNA DIVISIONE E' :

- 50 V. (26)
- 0,5 V. (16)

45. IN QUESTA POSIZIONE IL COMMUTATORE CONSENTE IL PASSAGGIO SIA DELLE COMPONENTI CONTINUE CHE DI QUELLE ALTERNATE, POICHE' EFFETTUA UN COLLEGAMENTO DIRETTO TRA L'INGRESSO DEL SEGNALE E L'AMPLIFICATORE. (4)

46. SI SUPPONGA DI VISUALIZZARE UN SEGNALE NELLE SEGUENTI CONDIZIONI :

a) ASSE DEI TEMPI 10 μsec./div.

b) DISTANZA ESISTENTE TRA DUE IMPULSI SUCCESSIVI DELLO STESSO SEGNALE 3,5 div.

IL TEMPO ESISTENTE TRA I DUE IMPULSI E' :

- 35 μsec. (14)
- 350 μsec. (23)
- 3,5 μsec. (18)

CORSI DI ISTRUZIONE PROGRAMMATA

INTRODUZIONE AGLI ELABORATORI ELETTRONICI

1. Transistori
2. Logica
3. Memoria a nuclei
4. Oscilloscopio

SISTEMA GE - 115

1. Introduzione
2. Unità Centrale Vol. 1°
3. Memoria 16 K
4. Unità Centrale Vol. 2°
5. Unità Centrale Vol. 3°
6. G.U.N. 7
7. Governo MZ4 - 300

M.T.E.

1. Il calcolatore M.T.E. - 2

GENERAL ELECTRIC *è marchio registrato della GENERAL ELECTRIC COMPANY U.S.A.*